

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

BC. TEREZA SIČÁKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**VLIV HOTMELTOVÝCH PUR LEPIDEL NA KVALITU
LAMINOVANÝCH TEXTILÍ V AUTOMOBILOVÉM
PRŮMYSLU**

**THE INFLUENCE OF HOTMELT PUR GLUES ON
QUALITY AUTOMOTIVE LAMINATED TEXTILES**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jindra Porkertová
Konzultant specialista: RNDr. Milan Tomášek
Autorka práce: Bc. Tereza Sičáková

Rozsah práce:

Počet stran:	74
Počet obrázků:	15
Počet tabulek:	36
Počet grafů:	35

P r o h l á š e n í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 7.1.2013

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce, Ing. Jindře Porkertové za připomínky, rady a trpělivost, kterou mi věnovala během přípravy této práce. Dále bych chtěla poděkovat konzultantovi RNDr. Milanovi Tomáškoví a kolegyni Ing. Pavle Kůlové za věcné rady, připomínky a podporu a také PhDr. Ivaně Říhové za stylistickou korekci.

Hlavně děkuji svým rodičům a manželovi, kteří mi umožnili studium na této škole a po celou dobu studia mě psychicky podporovali.

Abstrakt

V dnešní době kladou spotřebitelé stále větší požadavky na kvalitu výrobku a proto i tomuto tématu se musí více věnovat výrobci automobilových textilií a splňovat stále přísnější požadavky automobilového průmyslu. I tato práce se bude zabývat technologií ovlivňující kvalitu textilií a nosičů v interiéru automobilu. Práce je rozdělena do dvou částí.

V první teoretické části jsou popsány možné technologie lepení v JCFS, principy lepení a lepidla využívaná k lepení textilií pro automotive.

V druhé experimentální části bylo vyrobeno několik vzorků na nichž bylo prováděno testování různými metodami, tak abychom porovnali zesíťení lepidla a jeho závislost na lpění. Výroba vzorků, testování lpění a bodotávkem bylo realizováno v provozu a laboratořích JCFS. Testování infračervené spektroskopie proběhlo na TZU Brno.

Abstract

In the view of the fact that consumers place more demands on the quality, the producers of the automotive textiles have to pay attention to this issue and has to strict fulfill the higher demands of automotive. Therefore in this thesis is paid the attention to the technology that could have influence on the quality of the textile and back panels in the interior of car. The thesis is split into two parts.

In the first part are described technologies of lamination used in JCFS, principles of gluing and glues used for the gluing of the automotive textiles.

In the second part have been produced samples and on them has been done testing with different methods. The aim was to compare the polymerization of the glue with the dependence on the adhesion. The production, testing of the adhesion and melting point has been realized in the production plant and lab in JCFS. Testing of the infrared spectroscopy has been done in TZU Brno.

Klíčová slova

Reaktivní tavná lepidla

Polymerace lepidel

Laminace

Soudržnost vrstev

Infračervená spektroskopie

Key words

Reactive hotmelt glues

Reaction of glue

Lamination

Adhesion

Infrared spectroscopy

OBSAH

ÚVOD	8
TEORETICKÁ ČÁST	10
1. Laminace	10
1.1. Plamenná laminace	10
1.2. Prášková laminace	12
1.3. Hot-melt laminace	13
1.3.1. Princip lepení	15
2. Vlivy ovlivňující proces lepení	15
2.1. Vliv lepidla na přilnavost	15
2.1.1. Složení a tvar molekuly	15
2.1.2. Polymerační stupeň	15
2.1.3. Viskozita	15
2.1.4. Homogenita	16
2.1.5. Objemová stálost lepidla	16
2.2. Vliv materiálu na přilnavost	16
2.2.1. Složení materiálu	16
2.2.2. Smáčivost	17
2.2.3. Čistota povrchu	18
2.3. Vliv technologie na přilnavost	18
2.3.1. Množství naneseného lepidla	18
2.3.2. Parametry tahu zboží před a po laminaci	19
2.3.3. Použití laminačního válce	19
2.4. Podmínky pro zrání reaktivního lepidla	19
2.4.1. Vlhkost a čas	19
2.4.2. Teplota	20
3. Rozdělení lepidel podle tuhnutí	21
3.1. Reaktivní lepidla	21
3.1.1. Epoxidová	21
3.1.2. Polyuretanová	22
3.1.3. Polyesterová	22
3.2. Tavná lepidla	22

3.2.1.	EVA kopolymery	23
3.2.2.	Reaktivní tavná lepidla na bázi PU	23
3.2.2.1.	Vznik PU lepidel a jejich reakce se vzdušnou vlhkostí	24
4.	Metodika měření	26
4.1.	Soudržnost vrstev	26
4.2.	Infračervená spektroskopie	27
4.3.	Měření teploty tání	28
4.3.1.	Teplota tání = tuhnutí	28
4.3.2.	Bodotávek	28
	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
5.	Příprava experimentu	30
5.1.	Výroba vzorků	30
5.2.	Měření lpění	31
5.2.1.	Měření lpění vzorku 1	31
5.2.2.	Měření lpění vzorku 2	42
5.2.3.	Měření lpění vzorku 3	52
5.2.4.	Shrnutí výsledků lpění u vzorků 1, 2 a 3	62
5.3.	Měření bodu tání a oddělení vrstev	64
5.3.1.	Měření vzorku 1	64
5.3.2.	Měření vzorku 2	65
5.3.3.	Měření vzorku 3	66
5.4.	Měření infračervené spektroskopie	66
5.4.1.	Naměřené hodnoty všech vzorků	67
5.5.	Shrnutí výsledků měření	69
5.5.1.	Hodnocení výsledků lpění	69
5.5.2.	Hodnocení výsledků bodotávkou	70
5.5.3.	Hodnocení výsledků infračervené spektroskopie	70
6.	Závěr	71
7.	Použitá literatura	73

Seznam použitých zkratk

JCFS	Johnson Controls Fabric Strakonice
PU	Polyuretan
CoPES	Copolyester
CoPA	Copolyamid
CoPU	Copolyurean
PE	Polyetylen
POE	Polyolefín
EVA	Etylen vinyl acetát
PA	Polyamid
PP	Polypropylen
-O-CO-NH-	Uretanová vazba
CO ₂	Oxid uhličitý
mm	Milimetr
min	Minuta
nm	nanometr
cm	centimetr
T _m	Teplota tání
°C	Stupeň Celsia
TZU	Textilní zkušební ústa
N	Jednotka Newton
%	Procenta
VW 50105	Norma Volkswagen koncernu
\bar{x}	Aritmetický průměr
s^2	roztpyl
s	směrodatná odchylka
v	variabilita

ÚVOD

V automobilu tráví v dnešní době část svého života téměř každý člověk. Automobil pro někoho dokonce znamená vyjádření individuality, a proto lze vyslovit názor, že mobilita je vlastně nutností v dnešní uspěchané době. Lidé stále více času tráví ve vozech, a tak není divu, že stále roste výroba automobilů a k tomu také vzestupně stoupá výroba textilií pro automobilový průmysl. Díky tomuto faktu ale musí stále více výrobci textilií směřovat svůj zájem nejen na dokonalý vzhled interiéru, komfort, ale také na kvalitu.

Automobilový průmysl je největším uživatelem technických textilií a technické textilie jsou také tím, na co výrobci budoucnosti stále sázejí.

„Není tam takový tlak na ceny, protože zboží nejde na pult, ale je určeno k dalšímu průmyslovému zpracování. A tím, že tam není tak velký objem ruční práce, není pod extrémním tlakem asijské konkurence,“ zhodnotil situaci prezident Asociace textilního, oděvního a kožedělného průmyslu Josef Novák.

Téměř 2/3 automobilových textilií, což odpovídá $45m^2$ textilního materiálu, je užíváno pro vnitřní výbavu, a proto v automobilu můžeme najít jak textilie pletené, tak tkané. Tyto textilie jsou určené na potahy sedadel (středy, boky, hlavové opěrky, loketní opěrky), na dveřní a stropní výplně, na zadní plata a rovněž doplňkově na převlečné potahy sedadel.

- stropy, dveře – převážně jsou používány pleteniny osnovní hladké nebo počesané, které mají lepší tepelně-izolační a akustické vlastnosti
- zadní plata – JCFS vyrábí na tuto aplikaci pouze osnovní pleteniny
- sedadla, hlavové opěrky, loketní opěrky – mohou být použity jak tkaniny, tak pleteniny. Je však nutné rozlišit, pro jaké použití je textilie vybrána, a dle toho volit správné laminační komponenty

Zbýlá 1/3 je přiřazována pneumatikám, bezpečnostním pásům a airbagům.

Při výrobě textilií pro automobilový průmysl se jedná se o specifickou technickou výrobu z chemických, převážně PES vláken, jelikož PES vlákno odolává vlivům používání v automobilu, má menší negativní dopad na životní prostředí, výrazně zjednodušuje recyklaci a přispívá ke zlepšení komfortu.

Textilie musí svými parametry odpovídat vysokým požadavkům automobilového průmyslu především na vysokou stálobarevnost, sníženou hořlavost, pružnost, tažnost a adhezi, která je důležitá pro lisování u dveřních a stropních výplní,

odolnost vůči mechanickému oděru a také komfortu. Proto se výrobek většinou objevuje jako laminovaný materiál, kde spojením dvou či více materiálů můžeme zlepšit mechanické vlastnosti, ale samozřejmě také komfort.

S ohledem na tyto skutečnosti nelze textilie pro automobilový průmysl zaměnit s textiliemi pro nábytkářský nebo oděvní průmysl.

TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části budou vymezeny pojmy spojené s laminací v textilním automobilovém průmyslu. Dále zde budou popsána pojiva používaná na jednotlivé typy laminací a problematika spojená s laminací. Zmíněno je zde také testování, kterým lze rozpoznat, zda jsou lepidla zesíťovaná a zda materiál splňuje požadované parametry automobilového průmyslu.

1 LAMINACE

Kdyby se k sobě materiály přiblížily na molekulární vzdálenost, nebylo by potřeba spojování materiálů pomocí různých technologií, ale materiály by se spojily samy pomocí vzájemné přitažlivosti. Toto tvrzení je pouze teoretické a prakticky ho nelze dosáhnout. [1]

Proto se využívá k pojení materiálů různých technologií a metod spojení. Jednou z nich je právě laminování nebo-li kašírování. To pochází z francouzského slova cacher a znamená zakrývat. Laminace je spojení několika vrstev stejných nebo rozdílných materiálů, tím se zlepšují užité vlastnosti. [12]

Je-li však nesprávně proveden laminační proces, ve kterém dochází ke spojení jednotlivých vrstev materiálu, pak se může stát, že při používání hotového výrobku se vrstvy od sebe opět oddělí a dojde k jeho znehodnocení pro další použití. Oddělení vrstev znamená narušení struktury a tím materiál přestává splňovat požadované zpracovatelské a uživatelské vlastnosti.

Níže jsou podrobněji uvedeny tři technologie, které v současné době používá společnost Johnson Controls Fabrics Strakonice.

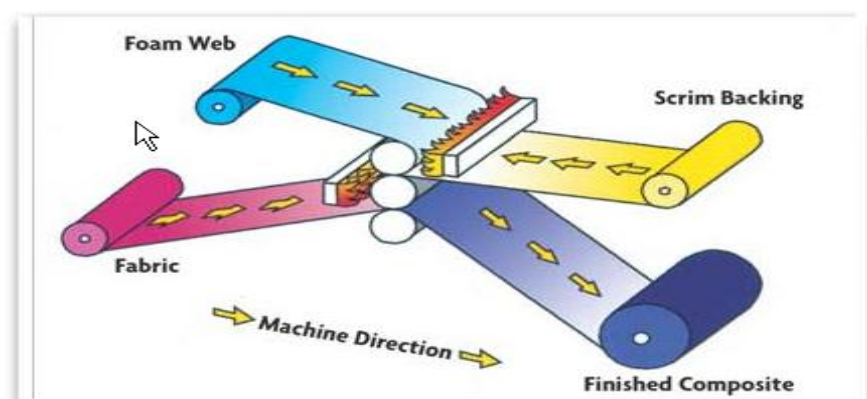
1.1 PLAMENNÁ LAMINACE

Plamenná laminace je kontinuální proces, kde do stroje vstupují odděleně dvě nebo tři komponenty, pojivem je PU pěna buď esterového nebo etherového typu. Tato pěna vstupuje do stroje přes otevřený oheň vytvořený propanovými hořáky, díky nimž se na pění vytvoří tenká vrstva roztaveného polymeru, který je pak využíván právě jako pojivo. Na tuto roztavenou pěnu se pomocí dvou válců přitlačí podšívka a na druhou stranu textilie, čímž oba materiály vytvoří jeden celek. Zda použít dvě, nebo tři

vstupující komponenty, je podmíněno finální aplikací – např. sedák, loketní opěra, hlavová opěra. [12]

Pevnost spoje závisí na výběru vstupujících komponent, ale také na parametrech nastavení stroje. Adhezi může ovlivňovat např. typ a správnost přivádění plynu do hořáků, nastavení výšky hořáků, tloušťka odtavené pěny a tlak válců. [12]

Výhodou tohoto způsobu spojování jednotlivých vrstev je, že není nutné použití chemických pojiv, jež by musela být testována na zdravotní nezávadnost. Další výhodou je, že nehrozí prosakování pojiva na povrch vrchního materiálu, což by snižovalo estetický vjem finálního výrobku. Jedná se i o finanční úsporu vzhledem k dostupnosti ekonomického paliva, jako je propan. Na druhou stranu však vzhledem k tomu, že v kombinaci s odpalováním PU pěny vznikají spaliny, naskytne se často ekologické otázky týkající se emisí a správného odvádění spalin z celého procesu. [12]



Obr. 1 Princip plamenné laminace dle [12]



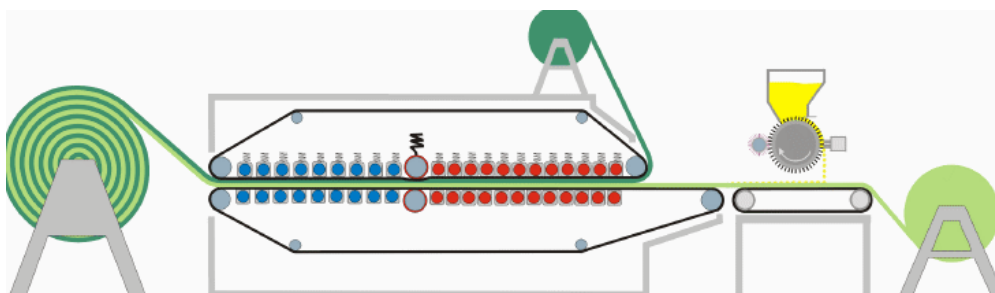
Obr. 2 Plamenná laminační linka Schmitt ve společnosti JCFS dle [11]

1.2 PRÁŠKOVÁ LAMINACE

Materiál je v případě práškové laminace nanášen a pojen pomocí prášku. Na dekor se nasype ze sypáku potřebné množství, které musí držet pokojovou teplotu. Ke spojení vrchního materiálu a rouna pak dojde mezi dvěma vyhřívanými teflonovými nebo silikonovými pásy, kde probíhá aktivace prášku.

Jako pojiva jsou na tento typ laminace používány prášky termoplastické nebo reaktivní (CoPES, PE, PU). Jako další alternativní pojivo lze také využívat folie, pavučiny nebo speciální mřížky. Vrchní textilií spojujeme většinou s různými typy roun.

Tato metoda nám umožňuje získat větší soudržnost materiálu, nižší a rovnoměrnější tloušťku hotového výrobku oproti plamenné laminaci a také zde nejsou produkovány škodlivé emise s výjimkou malého množství kouře, způsobeného ohříváním produktu. Tento kouř však může být snadno odčerpán a vyvětrán přímo ze stroje pomocí ventilace.



Obr. 3 Princip spojení práškové laminace dle [9]



Obr. 4 Prášková laminační linka ve společnosti JCFS dle [11]

1.3 HOTMELT LAMINACE

Technologie hotmelt je laminace využívající lepidlo k pojení dvou vrstev oproti plamenné laminaci, kde se pro spojení dvou materiálů natavuje pěna. Proto se jedná vlastně o technologii lepení a laminát ve finále nepodléhá vysokému tepelnému zpracování. Lepidel se využívá vzhledem k známému faktu, že mezi povrchy tekuté a pevné látky je lepší přilnavost než mezi povrchy dvou pevných látek. Aby lepidlo plnilo svou funkci, musí lepený povrch dobře smáčet a musí se změnit skupenství lepidla z kapalného na pevné. [1]

Materiály jsou zde spojovány tavnými lepidly, a to buď reaktivními (PU, POE) nebo termoplastickými (CoPES, CoPA). Vlastní laminace probíhá tím způsobem, že se na vrchní textilií nanese pomocí válce lepidlo a poté se na stranu, kde je lepidlo nanesené, přitiskne rouno. Tento spojený materiál prochází pod tlakem přes dva gumové válce. Na konci laminace působí na pleteninu či tkaniny chladicí válec.



Obr. 5 Hot-melt laminační linka ve společnosti JCFS dle [11]

1.3.1 PRINCIP LEPENÍ

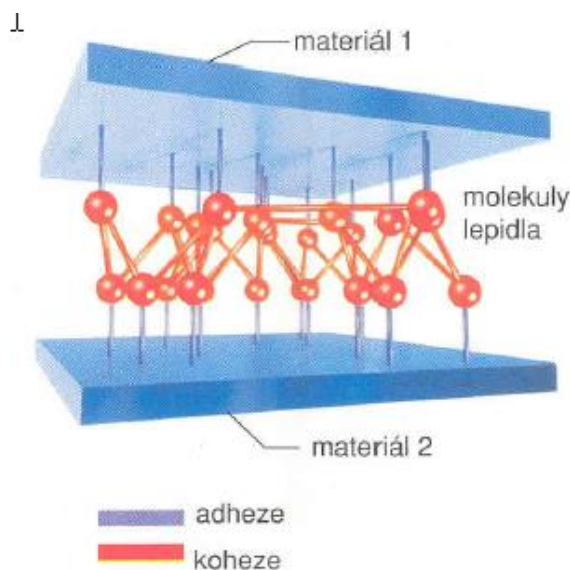
Princip lepení spočívá v tom, že se lepidlo dostane mezi nerovnosti lepeného materiálu (textilie) a vypudí z mikropórů většinu pohlcených plynů a par. Lepení vzniká za působení adheze a koheze. Síly, které vyvolají přilnavost textilie a lepidla, se nazývají adheze. Přilnavost nebo-li adheze je síla lepeného spoje na kontaktních površích dvou materiálů. Fyzikální síly přitažlivosti a adsorpce, které jsou dohromady

popisovány jako síly Van der Waalsovy, jsou pro lepení nejdůležitější. Vliv těchto mezimolekulárních sil je značně nižší, jestliže se lepidlo nedostane do těsného styku s povrchem lepeného materiálu, např. vlivem relativní drsnosti jeho povrchu nebo nerovnoměrně upravenou textilií. Proto musí lepidlo pronikat přímo do povrchových nerovností a dokonale smočít celý povrch. Pevnost lepení tak závisí jak na smáčení povrchu (pro dosažení co nejúplnějšího mezimolekulárního kontaktu), tak na přilnavosti. Při daném povrchovém napětí lepidla závisí smáčení na povrchové energii lepeného materiálu a na viskozitě lepidla. Smáčení může být rovněž sníženo, jsou-li na povrchu znečištěná místa. [1], [8]

Vlastní soudržnost zesíťovaného filmu lepidla se nazývá koheze. Koheze je síla působící mezi molekulami vlastního lepidla, která drží materiál pohromadě. K těmto silám patří:

- mezimolekulární přitažlivé síly (síly Van der Waalsovy)
- síly vzájemného propletení molekul polymerů mezi sebou.

Protože každý řetěz je jen tak pevný, jak pevný je jeho nejslabší článek, adhezní a kohezní síly v lepeném spoji si mají být přibližně rovny. [2]



Obr. 6 Adheze a koheze v lepeném spoji dle [4]

2 Vlivy ovlivňující vlastnosti laminované textilie

2.1 Vliv lepidla na lepení

2.1.1 Složení a tvar molekuly

Lepidla se skládají z filmotvorných makromolekulárních látek přírodního nebo syntetického původu. Tepelnou odolnost a rozpustnost lepidla udává konečný tvar makromolekuly a stupeň adheze je dán jejím složením. Filmotvorné látky mohou mít strukturu makromolekuly lineární nebo trojrozměrnou. Lineární struktura je termoplastická a rozpouští se v organických rozpouštědlech, zato trojrozměrná se netaví a nerozpouští. [1]

2.1.2 Polymerační stupeň

Polymerační stupeň je dán délkou molekul polymeru, ze kterého se lepidlo skládá. Délka makromolekul má vliv na viskozitu, kohezi a adhezi filmu lepidla. S rostoucí délkou makromolekul roste viskozita a koheze, ale adheze zpravidla klesá a naopak. Lepidlo tedy pak plní svou funkci, pokud je vysoká jak adheze, tak i koheze. Proto musí obsahovat vysokomolekulární i nízkomolekulární látky. Nejvíce vhodné polymery pro přípravu lepidel jsou ty, které mají polymerační stupeň v rozmezí od 50 do 300. [1], [8]

2.1.3 Viskozita

Viskozita charakterizuje vnitřní tření v lepidle. Závisí na polymeračním stupni látky lepidla, obsahu a kvalitě plniva, na poměru rozpouštědla k ředidlu a teplotě. Nejlepší pro adhezi je, když je viskozita nižší, protože s rostoucí viskozitou se zhoršuje nanášení a roztírání lepidla na povrch textilie. V extrémních případech může docházet k nedokonalému smáčení lepeného povrchu. Viskozita některých lepidel roste nebo klesá stárnutím nebo špatným skladováním, a proto je možno ji upravovat pomocí ředění a zhušťování buď jinými lepidly nebo vhodnými plnivy. Pro laiky jinak řečeno vyšší číslo znamená hustší lepidlo. [1]

2.1.4 HOMOGENITA

Aby lepicí směs plnila svou funkci, musí být zajištěna její homogenita. To se týká především vícesložkových lepidel a lepidel s obsahem plniva. U vícesložkových lepidel je nutné dodržet správné pořadí přidávání komponent, které udává výrobce. Tvrdidlo se obvykle přidává až nakonec. Před aplikací lepidel s obsahem plniva je důležité dokonalé promíchání směsi z důvodu usazování plniva při dlouhodobém uskladnění. [1]

2.1.5 OBJEMOVÁ STÁLOST LEPIDLA

Při přechodu lepidla z tekuté fáze na fázi pevnou dochází k objemovým změnám filmu. Na tyto změny má vliv především obsah aktivních složek a paliv v lepidle. S rostoucím obsahem aktivních složek a paliv dochází k menším objemovým změnám. Aktivními látkami se rozumí nejen polymery, ale i monomery a sloučeniny, které zajišťují polymeraci struktury. Nejvíce objemově stálá jsou lepidla tavná a bezrozpouštědlová reaktivní. Naopak u lepidel rozpouštědlových a disperzních dochází k největším ztrátám objemu. U některých polymerů (např. polystyren) může být dosaženo objemové stálosti za dva až tři týdny, protože velmi dlouhou dobu zadržují rozpouštědlo. [1], [8]

2.2 VLIV MATERIÁLU NA PŘILNAVOST

2.2.1 SLOŽENÍ MATERIÁLU

Prostupnost vodních par do materiálu může ovlivňovat jednak jeho konstrukce, jednak druhy prvotních materiálů, které jsou použity pro výrobu textílie. U hustě tkaných látek může vzdušná vlhkost prostupovat obtížněji např. než u pletenin, které jsou více otevřené.

Tloušťka laminovaného materiálu také může výrazně ovlivnit prodyšnost materiálu a tím i samotnou reakci zesítnění.

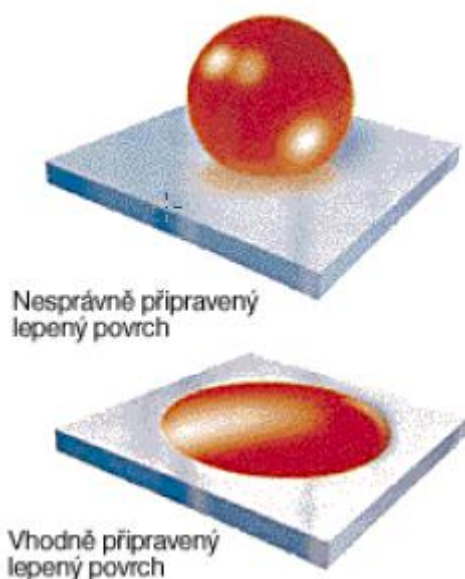
Vliv na reakci lepidla může mít také příze. Jinak se lepidlo může chovat na materiálech vyrobených z povrchově barvených přízí jinak na přízích barvených ve hmotě.

2.2.2 SMÁČIVOST

Z teorie adsorpce je známo, že má-li kapalina pevnou látku smáčet, což je jedním z předpokladů adheze, musí být její povrchové napětí menší než povrchové napětí smáčené hmoty. V praxi to znamená, že lepidlo musí mít menší povrchové napětí, než má samotná textilie. Při hodnocení smáčivosti materiálu je nutné brát v úvahu, že adsorbované cizí látky na povrchu (prach, pot, různé speciální úpravy textilie) podstatně mění obraz povrchového napětí materiálu. [1]

Textilii můžeme podrobit zkoušce smáčení vodními kapkami tím, že se na zkoušenou textilii nanese několik kapek čisté vody. Na znečištěném nebo špatně upraveném povrchu se do značné míry udrží kulovitá podoba vodních kapek, a povrch je třeba očistit nebo upravit ještě jednou. Jestliže se voda na povrchu textilie rozprostře, je smáčení uspokojivé. Výhodou zkoušky smáčení vodními kapkami je snadná dostupnost zkušebního média. Tato výhoda je ovšem omezena, protože různá tvrdost použité vody ovlivňuje její povrchové napětí. V některých případech ani destilovaná voda nevykazuje spolehlivé výsledky. V kritických případech se proto doporučuje použít v této zkoušce speciálních testovacích kapalin se známým povrchovým napětím. [1]

Tady bychom si ale měli uvědomit, že se jedná jen o smáčení povrchu, nikoli o vlastnost textilie, jak bude přijímat lepidlo.



Obr. 7 Ukázka smáčení materiálu dle [1]

2.2.3 ČÍSTOTA POVRCHU

Na tom, jak je povrch textilie čistý, závisí prakticky celý proces laminace. Pokud by totiž materiál, na který je lepidlo nanášeno, byl nerovnoměrně upraven nebo špinavý, je možné, že by došlo ke snížení lpění vrstev. Proto je vždy důležité materiál řádně upravit a vyprat, abychom zamezili nežádoucím vlivům.

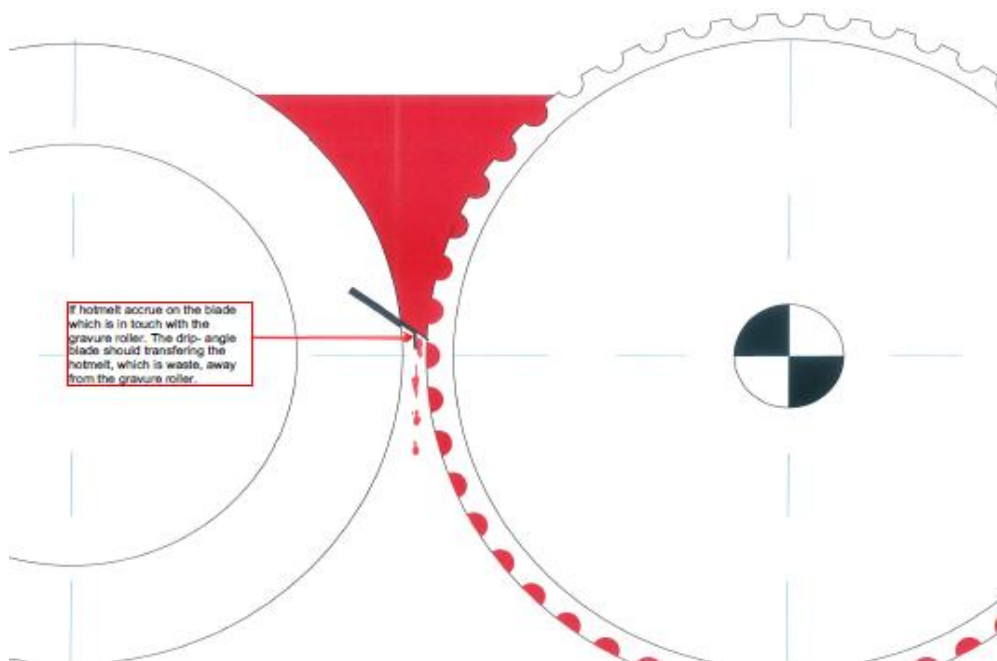
2.3 VLIV TECHNOLOGIE NA PŘILNAVOST

Výslednou přilnavost ovlivňují také parametry související s technologií. Tyto parametry jsou stručně uvedeny v následujících kapitolách.

2.3.1 MNOŽSTVÍ NANESENÉHO LEPIDLA

Velikost nánosu lepidla závisí na několika faktorech a to zejména na:

- Schopnosti dekoru odebrat lepidlo z nánosovacího válce což je ovlivněno povrchovým napětím (fyzikální jev)
- Vlivu případných nánosů (např. nešpinivá či vodoodpudivá úprava = chemický jev)
- Viskozitě lepidla – více o viskozitě je popsáno v kap. 2.1.3.
- Nastavení stírací lišty – zde je velice důležitým parametrem, kolik lepidla zbývá na nánosovacím válci po setření lištou. Ukázku válců a lišty s lepidlem můžeme vidět na obrázku 8.



Obr. 8 Stírací lišta a nanesení lepidla na gravírovaný válec dle [11]

2.3.2 PARAMETRY TAHU ZBOŽÍ PŘED A PO LAMINACI

Tah obou vstupních laminačních komponent musí být nastaven tak, aby nedocházelo k zbytečně vysokému předpětí vstupních materiálů. Materiály mají tendenci vracet se zpět při vysokém předpětí a tím se mohou narušit adhesní síly. Pokud má jedna z komponent příliš vysoké předpětí pak dochází ke stáčení laminovaného materiálu. Naopak při povolení komponenty na válci dochází na konci procesu ke krabatění laminovaného materiálu.

Optimální tah je takový, kdy během laminace nevznikají vrásky na žádné komponentě a není rozpor mezi tahem (napětím) vstupních komponent a výstupní laminované textilie.

2.3.3 POUŽITÍ LAMINAČNÍHO VÁLCE

Na vrchní dekor se gravurovaným nebo hladkým válcem nanese požadované množství roztaveného lepidla. U gravurovaného válce je lepidlo nanášeno v bodech, přičemž u hladkého válce se nanáší v celé ploše.

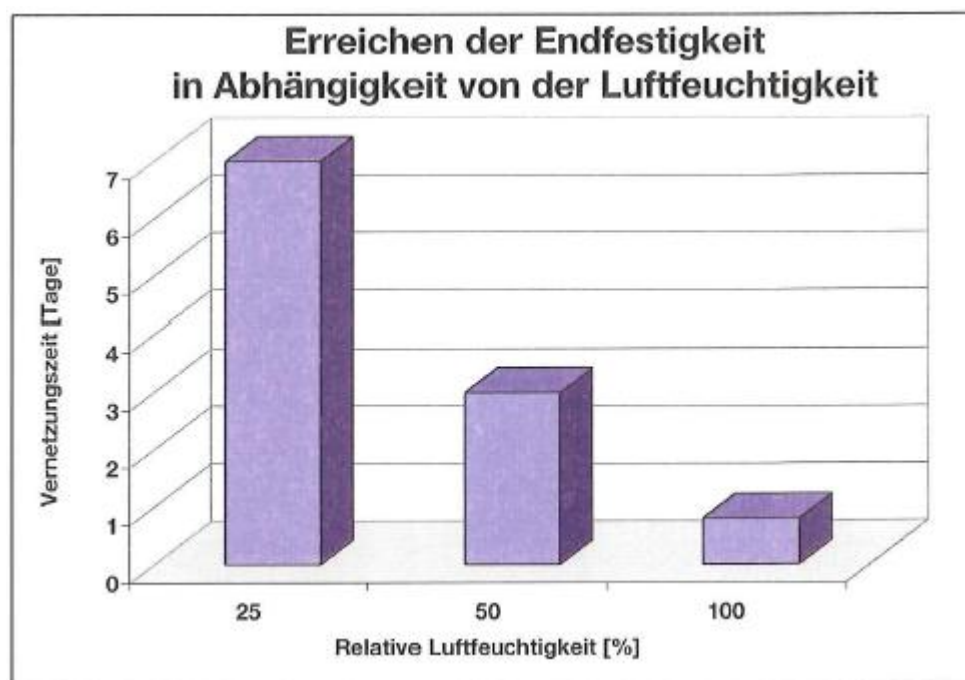
Existuje vícero typů gravurovaných válců, které se liší svým povrchem. Typ válce ovlivňuje pokrytí textilie lepidlem a množství nánosů. V JCFS se používají dva typy válců, a to Stumpfpýramide a Gravur. Gravur válec můžeme vidět na obrázku 8.

2.4 PODMÍNKY PRO ZRÁNÍ REAKTIVNÍHO LEPIDLA

Vytvrzování je závislé na tloušťce vrstvy, na relativní vlhkosti vzduchu a teplotě, na obsahu vlhkosti v podkladu a difuzní prostupnosti podkladu. [18]

2.4.1 VLHKOST A ČAS

K vytvrzování lepidla dochází za pomoci vzdušné vlhkosti. V technickém manuálu firmy JOWAT můžeme najít přehled, že při 100% vlhkosti by mělo být lepidlo vytvrzené během 12 hodin, při 50% vlhkosti se doba navyšuje na tři dny a při 25% vlhkosti je doba vytvrzení až sedm dní. Je tedy jasné, že vlhkost je jedním z nejdůležitějších parametrů při vytvrzování reaktivních tavných lepidel. [15]

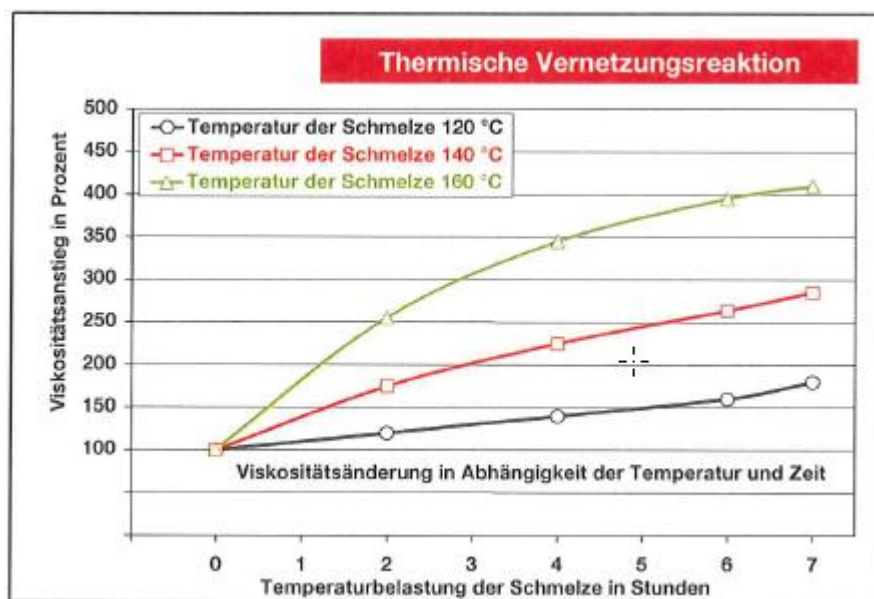


Obr. 9 Vytvrzení lepidla v závislosti na vlhkosti a čase dle [15]

2.4.2 TEPLOTA

Abychom se vyhnuli nežádoucím reakcím, měli bychom taveninu a také nanášecí zařízení vybavit regulátorem teploty, abychom zabránili přehřívání lepidla. Zahřátí lepidla přes doporučenou teplotu pro zpracování vede zpravidla k rychlému stoupání viskozity taveniny, čímž dochází k tzv. termickému zesítnění v samotném lepidle. Toto zesítnění je vyvoláno pouze přetíženou teplotou bez vlivu vlhkosti. Také dlouhodobé termické zatížení doporučeného stupně teploty může tuto reakci pro zesítnění vyvolat. Tento nežádoucí účinek může značně ovlivňovat zesítnění ve finálním produktu a snížení adheze. [15]

Na základě uvedených poznatků by mělo být odměřeno při provozní přípravě přesné množství lepidla, které by bylo kompletně zpracováno nejdéle během čtyř hodin. Delší prostoj (cca. 30 min) po čtyřech hodinách také značně eliminuje reakci, jelikož během této doby se sníží teplota lepidla v průměru o 50°C, a nedojde tedy k přehřátí. [15]



Obr. 10 Ukázka termického zesítnění v závislosti na teplotě a zvýšené viskozitě dle [15]

3 ROZDĚLENÍ LEPIDEL PODLE TUHNUTÍ

Lepidla se vyrábějí ze syntetických surovin (lepidla polykondenzační, polymerační a polyadiční) nebo z přírodních surovin (lepidla škrobová, pryskyřičná). Průmyslová výroba lepidel navazuje především na rozsáhlou výrobu plastu. Četnost druhů, možnost kombinací a modifikací dovolují přípravu širokého sortimentu lepidel určených k lepení jednotlivých materiálů, schopných plnit i rozdílné požadavky zpracovatelů. Pro pohodovější orientaci spotřebitelů se lepidla třídí z různých hledisek, nejčastěji podle chemického složení. Jiným hlediskem je způsob zpracování, kdy se bere v úvahu buď teplota, anebo způsob, kterým se lepidlo ve spoji aktivuje. [1], [20]

3.1 REAKTIVNÍ LEPIDLA

Lepidla reaktivní mohou být jednosložkového nebo dvousložkového typu. Jednosložková lepidla tuhnou účinkem zvýšené teploty nebo vzdušné vlhkosti a dvousložková pomocí katalyzátorů za normální i zvýšené teploty. [20]

3.1.1 EPOXIDOVÁ

Epoxidová lepidla jsou lepidla, jejichž vytvrzování probíhá díky chemické reakci mezi pryskyřicí a tužidlem. Výhodami těchto lepidel jsou velmi vysoká pevnostní odolnost ve smyku, teplotní a chemická odolnost. Nevýhodou je odlupování

z hladkých ploch a poměrně vysoká cena. Tyto typy lepidel jsou používány především v automobilovém průmyslu, leteckém průmyslu. [20]

3.1.2 POLYURETANOVÁ

Polyuretanová lepidla se vyrábějí v řadě typů i aplikačních forem, jako reaktivní, roztoková i tavná a jako lepicí film. Pro lepení plastických hmot mají význam jen ta z nich, která se mohou zpracovávat za normální nebo jen mírně zvýšené teploty. Polyuretanová lepidla se používají pro lepení vrstvených hmot s kovy a k navrstvování (kašírování) polyuretanových pěn na textil. [1], [20]

3.1.3 POLYESTEROVÁ

Aktivní složkou těchto lepidel jsou tzv. nenasycené polyestery. Obsahují nejméně jednu reaktivní dvojnou vazbu, které se využívá k polymeraci produktu. K vytvrzení se pak používá přídavku organických peroxidů. Reakci lze za normální teploty urychlit přídavkem iniciátoru. Polyesterovými lepidly se bez potíží mohou slepovat dílce a výlisky z polyesterových skelných laminátů, vytvrzené fenoplasty i organické sklo polyakrylátového typu. [1], [20]

3.2 TAVNÁ LEPIDLA

Tavná lepidla jsou vlastně zlepšením prvních známých lepidel, a to roztavených vosků. Tato nová generace lepidel vyniká především rychlou počáteční pevností a ohromnou adhezí k množství různých druhů materiálů. S tloušťkou povlaku pouhých 0,3 až 0,6 mm se výrazně liší od konvenčních lepicích systémů. Tavná lepidla jsou termoplastické materiály, které si udržují plasticitu i v lepeném spoji. Za běžné teploty jsou v pevném stavu a neobsahují rozpouštědla ani vodu. V důsledku zahřátí se pak stávají tekutými a lepivými. Ve srovnání s jinými druhy lepidel mají tavná lepidla krátkou otevřenou dobu (časový interval po nanesení tavného lepidla, v němž je ještě možné provést kvalitní slepení), ale také krátkou uzavírací dobu (minimální doba, která je po přitisknutí lepených materiálů potřebná ke vzniku kvalitního lepeného spoje). Tavná lepidla jsou dostupná v různých formách: jako prášek, film, tablety, granule, ale také jako kapaliny. [17], [20]

Právě tato lepidla se používají v JCFS při hot-melt laminaci. Jsou založena na různých skupinách surovin, jako je kopolymer etylen-vinyl acetát (EVA), polyamid

(PA), kopolymer polyolefinu (POE). Další skupinou v tavných lepidlech jsou reaktivní tavná lepidla na bázi polyuretanu (tavná PU lepidla), která pokračují po ochlazení v další reakci. [20]

Požadavek	Disperze	Tavné lepidlo na bázi EVA	Tavné lepidlo na bázi PU
Adheze	+++	++	++++(+)
Odolnost proti mrazu	++	(+)	++++(+)
Odolnost proti horku	+++	+	++++(+)
Rychlost tvrdnutí	+	++++	+++(+)
Stárnutí	++++	++	++++
Odolnost proti olejům	+++	(+)	++++
Ořezávání	+	+++	++
Ohebnost	+++	+++	+++(+)
Zpracovatelnost	+++	+++	+++

Obr. 11 Srovnání vlastností disperzních a tavných lepidel dle [19]

3.2.1 EVA KOPOLYMERY

EVA tvoří důležitou skupinu v odvětví textilního průmyslu, a to v textilní laminaci. Jsou to termoplastická tavná lepidla na bázi etylenvinylacetát kopolymer a princip vytvrzování u těchto lepidel je ochlazování taveniny. Teplota nanášení je vyšší než u reaktivních PU – pohybuje se od 160-190°C. Výhodou je velmi rychlé lepení (tedy samotná koheze), nízká viskozita a dobrá adheze k mnoha materiálům (včetně PP a PE) během krátkého otevřeného času. Nevýhodou však může být omezená teplotní a chemická odolnost, záleží na tom, na co chceme lepidlo použít. [15], [20]

3.2.2 REAKTIVNÍ TAVNÁ LEPIDLA NA BÁZI PU

Snahou výrobců vždy bylo vyvinout takové lepidlo, které by kombinovalo výhody jak disperzních, tak i tavných lepidel. Z tohoto důvodu vznikla také lepidla reaktivní polyuretanová, která dnes svými vlastnostmi tvoří špičku mezi tavnými lepidly a jsou pro technické textilie nepostradatelná. Zaručují vysokou kvalitu finálního produktu, a jsou tak volbou číslo jedna pro těžko spojitelné materiály. Jejich nevýhodou

je především poměrně vysoká cena, která je však částečně vyvážena sníženou tloušťkou nanosu lepidla. [16], [18]

Je to lepidlo na bázi polyuretanového reaktivního hotmeltu s krátkým otevřeným časem a k vytvrzování dochází při reakci se vzdušnou vlhkostí. Teplota nanášení se pohybuje od 100-140°C a po úplné reakci se z plastického polymeru stává zpětně netavitelný elastomer. Výrobci a dodavatelé uvádějí, že by doba zasychání před další manipulací měla být u reaktivních lepidel minimálně 24 hodin při splnění předepsaných podmínek pro teplotu a vlhkost. U těchto lepidel je opravdu důležité zajistit odčerpávání lepidla ze zásobníku bez přístupu vzduchu. V opačném případě by totiž došlo k okamžité reakci a lepidlo by se znehodnotilo. I přes tyto nevýhody je ale možné předpokládat, že se tato lepidla budou stále častěji prosazovat vzhledem k jejich přednostem, jako jsou vysoká počáteční pevnost, vysoká konečná pevnost, flexibilita v širokém rozsahu teplot, odolnost proti teplotám a stárnutí a především také široké adhezní spektrum. Mají také nižší viskozitu a molekulovou hmotnost než běžná tavná hmota EVA před i během aplikace, což zajišťuje lepší vysychání na podkladu. [16], [19], [22]

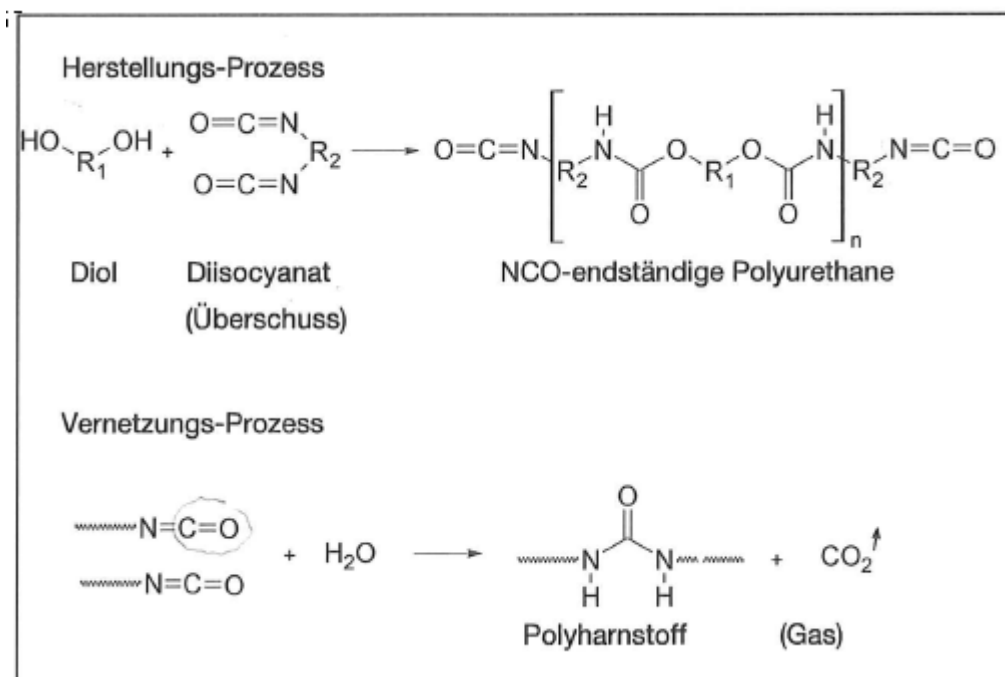
3.2.2.1 VZNIK PU LEPIDEL A JEJICH REAKCE SE VZDUŠNOU VLHKOSTÍ

Podle požadovaných výsledných vlastností se pro reakce používají různé druhy polyisokyanátů a polyolů a všechny typy polyuretanových polymerů obsahují uretanové vazby (-O-CO-NH-). [15], [21]

Technologie využívaná u polyuretanových reaktivních tavných lepidel se skládá ze dvou fází chemických reakcí. První fáze zahrnuje reaktivní lepidlo před použitím, druhá fáze pak po použití. V první fázi reagují dihydroxyl polyoly s molekulou zakončenou diisokyanátem tak, že vodíkový atom hydroxilové skupiny je transportován na dusíkatý atom izokyanátové skupiny a vytváří termoplastické polyuretanové tavné lepidlo (podobné konvenční tavné hmotě EVA). Toto lepidlo musí být uchováváno v inertní atmosféře, aby se zabránilo jeho znečištění vlhkostí. Podle požadovaných výsledných vlastností se pro reakce používají různé druhy polyisokyanátů a polyolů a všechny typy polyuretanových polymerů obsahují uretanové vazby (-O-CO-NH-).

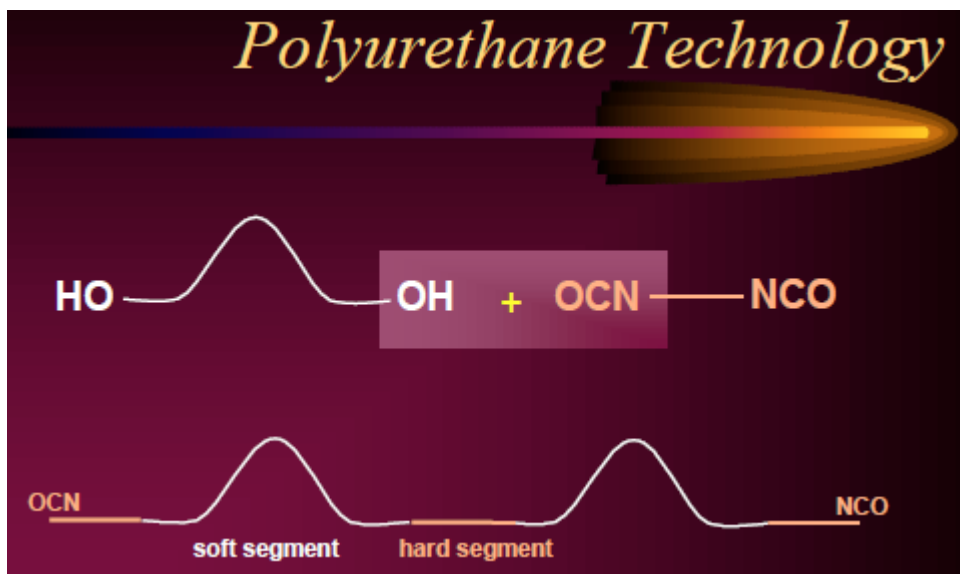
Ve druhé fázi, kdy je tavná hmota nanášena na podklad, reaguje přebytek volných skupin zakončených isokyanátem s okolní vlhkostí a vytváří močovinové

křížové vazby. V té chvíli se polyuretan stává termosetem, což zlepšuje jeho chemickou i tepelnou odolnost. [15], [21]



Obr. 12 Vznik PU a jeho reakce se vzdušnou vlhkostí dle [15]

Molekula polyuretanového řetězce obsahuje měkké a tvrdé segmenty. Měkké segmenty, vytvářené polyhydroxy-alkoholovými molekulami s dlouhým řetězcem, zlepšují elastické vlastnosti polyuretanové matrice. Tvrdé segmenty jsou tvořeny molekulami diisokyanátu s krátkým řetězcem a produkují polyuretanové a polymočovinové vazby. Tvrdé segmenty zvyšují chemickou a tepelnou odolnost i tuhost polyuretanové sítě. Oba segmenty pak vytvářejí pevný a tuhý polymer - konstrukční lepidlo. [22]



Obr. 13 Měkké a tvrdé segmenty v PU dle [22]

4 METODIKY MĚŘENÍ ZESÍTĚNÍ LEPIDLA

4.1 SOUDRŽNOST VRSTEV

Účelem zkoušky je zjištění, jak pevně vrstvy lpí na sobě. Oddělovací síla je taková síla, která je zapotřebí k oddělení dvou vrstev navzájem nebo k oddělení krycí vrstvy od podkladu. Pro zkoušku oddělování vrstev mohou být použity přístroje používané pro zkoušky tahem. Síla, která působí na zkoušený vzorek, by měla být graficky a statisticky zaznamenávána.

Pro provedení oddělovací zkoušky dle VW 50105 je zapotřebí pěti vzorků dekoru z podélného směru a pěti vzorků z příčného směru o délce 200 mm a šířce 50 mm. Zkušební vzorky jsou připraveny na testování poté, co jsou v délce 40 mm od sebe vrstvy odděleny. Pokud není oddělení vrstev možné, může se v případě nutnosti ulehčit proces ponořením vzorku o délce 40 mm do vhodného rozpouštědla. Rozpouštědlo musí být pak opět odstraněno vysušením při teplotě ne vyšší než 70°C. V případě, že se krycí vrstva i tímto způsobem nedá oddělit od podkladu, není zkouška proveditelná.

Oddělené části vzorku v délce 40 mm od okraje jsou upnuty do obou upínacích čelistí zkušebního stroje a navzájem roztahovány až do oddělení nebo do ustálení křivky. Rychlost posuvu roztahujících se čelistí je 100 ± 10 mm/min. Oddělovací proces je zaznamenáván jako diagram závislosti síly na dráze.

Sestává-li se výrobek z více vrstev, je nutno oddělovací sílu postupně stanovit mezi všemi vrstvami. Roztrhnou-li se vrstvy, není zkouška hodnocena a opakuje se na novém vzorku.

Požadovaná hodnota na oddělení vrstev na tento materiál musí být více než 15N.

4.2 INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE

Infračervená spektroskopie je používána k identifikaci chemické struktury látek již od 30. let 20. století a je to metoda studující interakce elektromagnetického záření v infračerveném oboru spektra s analyzovaným materiálem. Toto spektrum se pohybuje v rozmezí 800 nm až 1000 nm, což odpovídá rozsahu vlnočtů $12800\text{--}10\text{ cm}^{-1}$. Celá oblast bývá rozdělena na blízkou ($13000\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$), střední ($4000\text{--}200\text{ cm}^{-1}$) a vzdálenou infračervenou oblast ($200\text{--}10\text{ cm}^{-1}$), přičemž nejpoužívanější je střední oblast. [3], [7]

Z infračervených spekter látky lze získat informace o chemickém složení vzorku, o procesech stárnutí materiálu, o působení chemických substancí použitých při konzervaci, o vlivu okolního prostředí a podmínek uložení na možné poškození vzorku.

Principem metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, při níž dochází ke změnám rotačně vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. [3], [5]

Analytickým výstupem je infračervené spektrum, které je grafickým zobrazením funkční závislosti energie, většinou vyjádřené v procentech transmitance (T) nebo jednotkách absorbance (A), na vlnové délce dopadajícího záření. Transmitance nebo-li propustnost je definována jako poměr intenzity záření, které prošlo vzorkem, k intenzitě záření vycházejícího ze zdroje a absorbance je definována jako dekadický logaritmus $1/T$. V infračerveném spektru lze nalézt řadu absorpčních pásů, které odpovídají nejen základním valenčním a deformačním vibracím, ale i tzv. horkým a kombinačním přechodům. Poloha a tvar absorpčního pásu je zdrojem kvalitativní informace. [3], [6]

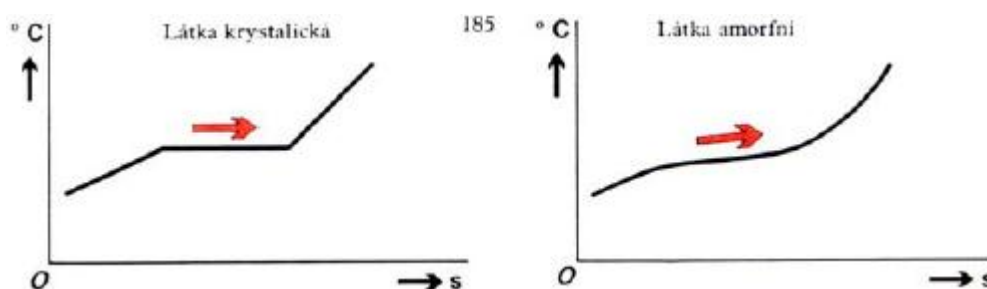
Infračervená spektroskopie je metodou srovnávací. Důležitým faktorem pro úspěšnost analýzy je existence velkého souboru infračervených spekter standardů a reálných vzorků. [3], [7]

4.3 MĚŘENÍ TEPLOTY TÁNÍ

4.3.1 TEPLOTA TÁNÍ = TUHNUTÍ

V pevné látce jsou částice pevně uspořádány tak, že každá částice má svoje místo, kolem kterého kmitá. Když pevnou látku zahříváme, částice kmitají rychleji. Při dostatečném zvýšení teploty se částice ze své pevné polohy utrhnou a začnou se volně pohybovat. V tento okamžik se začne pevná látka měnit na kapalnou. Tento děj nazýváme tuhnutí a říkáme, že látka taje. [14]

Teplota tání (T_m) je jednou ze základních veličin, která charakterizuje semi-krytalické polymery. Průběhy tání u látek krytalických a amorfních (beztvarých) jsou odlišné, jak můžeme pozorovat na obr. 13. Je zde viditelná prodleva při procesu tání, resp. tuhnutí, na uspořádání částic v krytalové mříži – pro krytalické látky. [14]



Obr. 14 Teplota tání u krytalických a amorfních látek dle [14]

4.3.2 BODOTÁVEK

Bodotávek je velmi jednoduchý a přitom přesný přístroj pro stanovení bodu tání. Testovaná látka se zde vkládá přímo na vyhříváný kovový povrch a ohřev je řízen reostatem. Teplota se odečítá na stupnici, jejíž rozmezí je +50 až +260 °C. Dosažená přesnost umožňuje také stanovení dalších charakteristik sledovaných látek, např. eutektické teploty, bodu měknutí, teploty ztráty krytalové vody nebo teploty rozkladu. [13]

Vlastní určování zahájíme vždy zjištěním a zaznamenáním vzhledových charakteristik vzorku. Potom z něj ustříhneme obdélník cca 20 x 5 mm. Jakmile je bodotávek dostatečně vyhřátý (cca 40 min.) je nutné provést kalibraci přístroje, abychom dosáhli co nejpresnějšího měření. Pomocí špachtličky nanese malé množství kalibrační látky na rozehřátý povrch plotničky, a to v oblasti teploty tání této látky. Počkáme asi 10 sekund a pak posuneme ukazatel čtecího zařízení na rozhraní

mezi roztavenou a neroztavenou látku. Na stupnici nastavíme hrot na odpovídající teplotu pro danou kalibrační látku. Po každém měření vyčistíme plotničku suchým hadříkem nebo organickým rozpouštědlem. Stíráme vždy směrem k vyšším teplotám (doleva). V opačném případě se na povrchu vytvoří obtížněji čistitelná krusta. Po kalibraci je možné začít se samotným určováním teploty tání zkoumaného vzorku. Vzorek uchopíme a pomalu jej posunujeme po rozehřátém povrchu, a to od nejnižší teploty k nejvyšší (zprava doleva)! Na místo, kde dojde k prvnímu roztavení vzorku (na plotničce se objeví stopa), posuneme ukazatel čtecího zařízení a odečteme hodnotu teploty tání na stupnici. Měření opakujeme nejméně pětkrát. [13]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5 PŘÍPRAVA EXPERIMENTU

5.1 VÝROBA VZORKŮ

Velice důležitým parametrem, který musí laminovaná textilie splňovat, používaná na zadní nosiče, je soudržnost vrstev. Tato vlastnost je důležitá vzhledem k tomu, že materiál je po dodání k zákazníkovi lisován na plastové nosiče. Při lisování je používána vysoká teplota, a kdyby materiál neměl lpění v pořádku a lepidlo nebylo dostatečně zesíťované, mohlo by docházet po ochlazení k odlepení těchto vrstev.

Pro experiment byl vybrán vzorek, u kterého je ve společnosti JCFS zaznamenán největší výskyt reklamací a kvalitativní výpad na soudržnost vrstev právě po nalisování u zákazníka. Tento materiál je laminován na hotmeltovém stroji a je používáno PU tavné lepidlo, takže je nutné zkoumat zesíťování lepidla v provozních podmínkách a také lpění v závislosti na čase.

Na tuto praktickou část byl vyroben materiál za sériových podmínek a byl podroben analýze parametrů ovlivňujících lpění a zesíťení lepidla. Vzorek 1 byl rozdělen na dvě části, přičemž první část byla ponechána v provozní dílně (vzorek 1) a druhá část (vzorek 2) byla dána do klimatizované komory, abychom zjistili, jaký vliv má stabilní vlhkost na lpění a zesíťení lepidla. V klimatizované laboratoři byla vlhkost 55% a teplota 23°C. Na dílně byla vlhkost a teplota po 2hod (40%, 27°C), 24hod(41%, 28°C), 48h(40%, 26°C), 72h(41%, 28°C), 168h(42%, 27°C).

Níže je detailně popsán samotný vrchní materiál a nastavení stroje při jeho laminaci s rounem.

Vrchní materiál:	100% PES pletenina
	Barva: černá
	Vazba: osnovní hladká
Lepidlo:	100% PU tavné lepidlo
Spodní materiál:	100% PES netkaná textilie
Technologie výroby:	Hotmelt laminace
	Teplota spodního válce: 150°C
	Teplota lepidla: 145 – 147°C

Nastavení nánosovací mezery: 0,16mm

Nastavení laminační mezery: 0,18mm

Tah dekoru: 40N

Tah rouna: 60N

Odtah laminovaného materiálu: 130N

Nejprve byly vzorky 1 a 2 testovány na lpění a bod tání v závislosti na čase (po 2 hodinách, 12, 24, 48, 72 a 168 hodinách). Současně s tím byly vkládány vzorky do exsikátorů, abychom zamezili přístupu vlhkosti a na nich byla měřena na TZU infračervená spektroskopie.

Na základě výsledků ze vzorku 1 a 2 bylo zjištěno, že vyšší a vlhkost má opravdu velký vliv na lpění, tedy na jeho urychlení v ustálení, a proto byl vyroben nový vzorek 3 se speciálně sestrojeným zavlažovacím zařízením, které bylo přidáno na konec stroje. Jeho funkcí je vyfukovat vodní páru na hotový výrobek, čímž by mělo dojít k rychlejšímu zesíťování a tím i efektivnějšímu procesu, protože dojde ke zkrácení doby vytvrzení lepidla. Vodní pára, která pronikne do materiálu, způsobí rychlejší zesíťování lepidla, čímž dojde k vyššímu lpění. Díky tomu bychom měli potvrdit výsledky z předešlého experimentu tím, že by lpění mělo být vyšší a variabilita nižší jak lze pozorovat na vzorku č. 2.



Obr. 15 Zavlažovací zařízení na pokus se vzorkem 3

5.2 MĚŘENÍ LPĚNÍ

5.2.1 VÝSLEDKY LPĚNÍ VZORKU 1

První vzorek byl vyroben za sériových podmínek, jak bylo popsáno v kap. 5.1. a byl ponechán během celé doby experimentu v provozní dílně.

○ **Lpění vzorku 1 - osnova 2 hodiny po laminaci**

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	14,4	7,87	14,56	17,61	15,49
	13,98	15,23	10,24	13,76	13,00
	12,87	13,87	12,89	8,76	10,13
	10,98	12,05	12,10	14,78	15,38
	13,22	13,86	13,67	15,46	11,35
	13,67	7,212	12,383	13,98	16,64
	15,56	12,34	12,99	15,86	15,25
	13,05	17,36	13,56	14,99	12,34
	13,86	13,34	8,52	15,21	13,76
	9,85	14,65	14,78	16,92	13,70

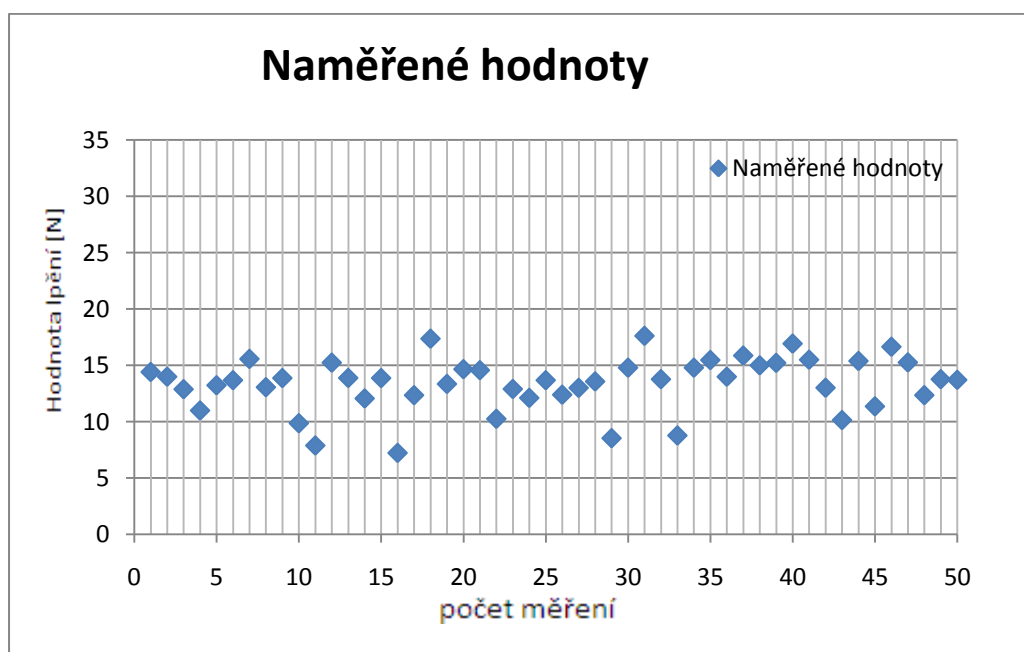
Tabulka 1. Měření lpění vzorku 1 po osnově – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 13,386 \text{ N}$$

$$s^2 = 5,341 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{5,341} = 2,311 \text{ N}$$

$$v = \frac{2,311}{13,386} * 100 = 39,9\%$$



Graf 1. Naměřené hodnoty vzorku 1 po osnově s variabilitou 39,99 %.

○ Lpění vzorku 1 - osnova 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	21,21	18,2	18,36	19,65	19,16
	16,06	23,98	18,60	17,40	17,29
	18,35	16,45	15,45	15,40	21,37
	18,56	20,70	21,93	17,28	19,30
	18,66	15,74	16,85	17,57	18,41
	21,98	20,86	19,76	17,9	21,21
	19,10	16,56	20,91	18,36	16,35
	19,34	17,39	16,76	21,59	21,89
	15,67	20,48	19,29	21,10	18,40
	15,84	19,32	21,50	18,86	21,36

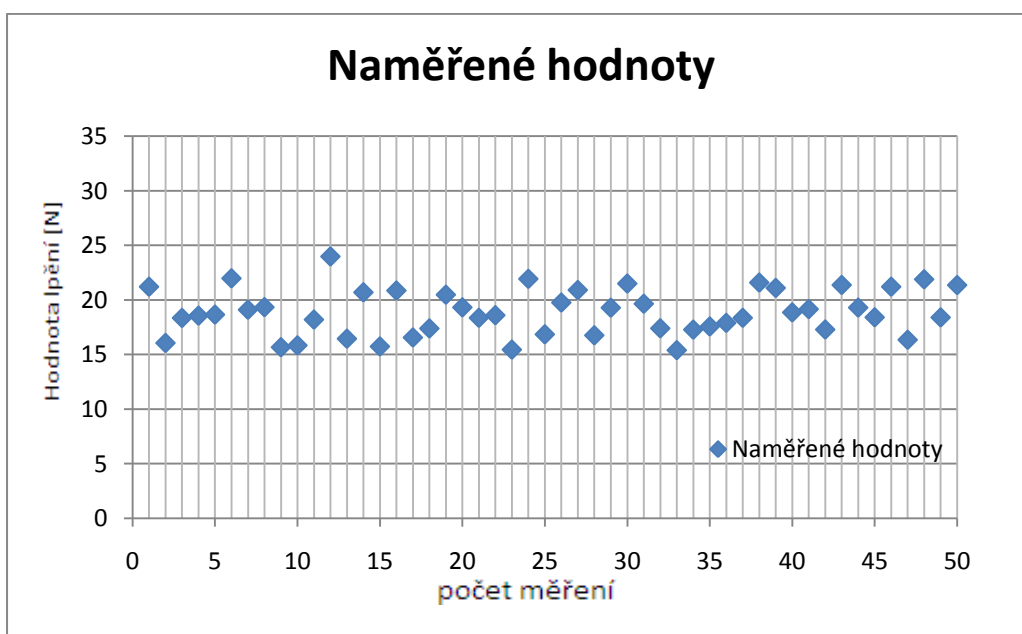
Tabulka 2. Měření lpění vzorku 1 po osnově – 24 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 18,874 \text{ N}$$

$$s^2 = 4,283 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{4,283} = 2,069 \text{ N}$$

$$v = \frac{2,069}{18,874} * 100 = 22,69 \%$$



Graf 2. Naměřené hodnoty vzorku 1 po osnově s variabilitou 22,69 %.

○ Lpění vzorku 1 - osnova 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	24,53	24,3	24,27	25,7	20,72
	20,36	19,59	23,23	18,12	18,47
	22,80	23,56	25,56	24,57	24,67
	22,49	20,84	19,09	22,79	18,36
	22,19	21,70	24,89	23,74	25,21
	19,67	19,2	22,18	19,84	23,85
	23,91	22,77	22,72	20,50	21,70
	22,74	22,45	19,56	25,79	22,42
	18,36	22,50	22,75	23,16	22,84
	22,74	22,23	24,81	22,80	25,89

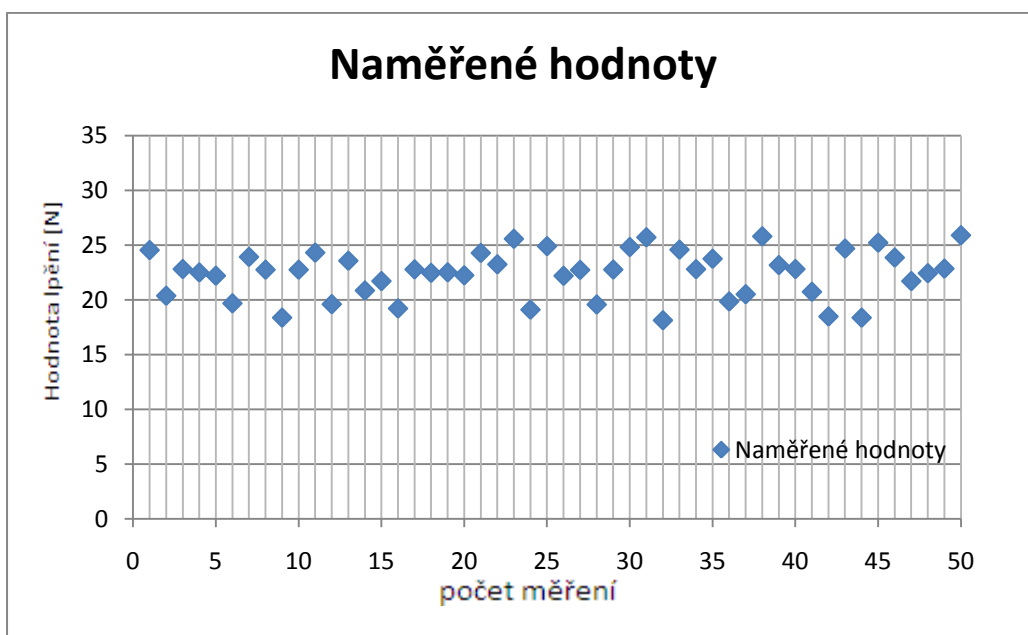
Tabulka 3. Měření lpění vzorku 1 po osnově – 48 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 22,383 \text{ N}$$

$$s^2 = 4,554 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{4,554} = 2,134 \text{ N}$$

$$v = \frac{2,134}{22,383} * 100 = 20,35 \%$$



Graf 3. Naměřené hodnoty vzorku 1 po osnově s variabilitou 20,35 %.

○ Lpění vzorku 1 - osnova 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	23,53	29,34	23,69	23,02	23,67
	23,50	24,59	23,48	24,94	25,56
	24,33	26,81	25,84	23,19	27,80
	24,89	27,90	25,71	25,16	27,34
	22,98	23,49	23,91	22,39	26,47
	24,4	22,76	25,6	25,48	23,96
	24,81	23,85	22,98	23,38	23,19
	23,01	26,72	25,67	22,57	22,84
	24,85	24,95	23,85	22,53	23,13
	23,06	25,69	24,83	23,59	23,87

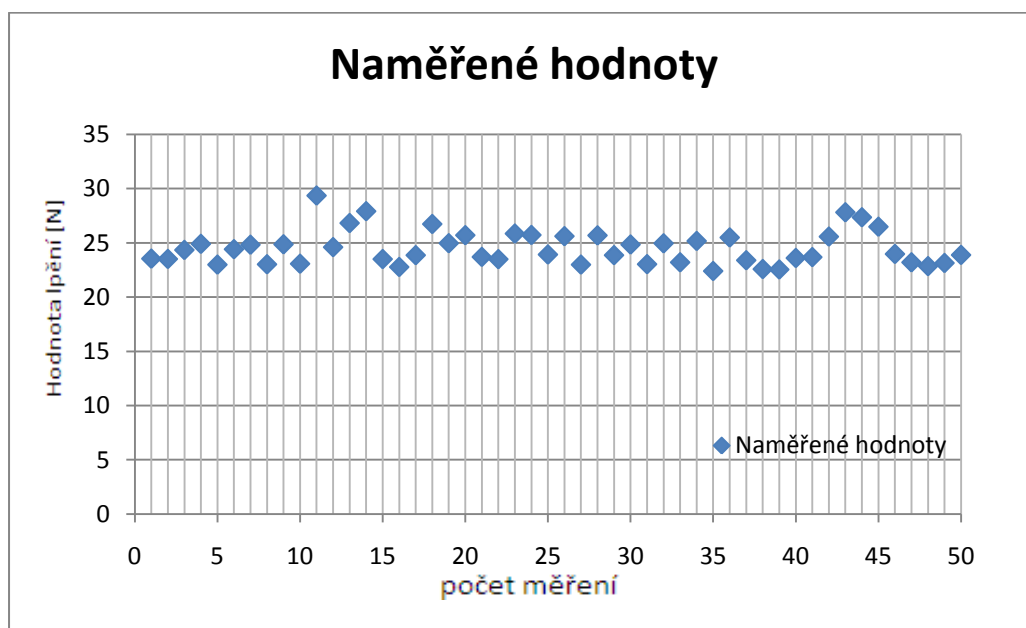
Tabulka 4. Měření lpění vzorku 1 po osnově – 72 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 24,553 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,448 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,448} = 1,565 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,565}{24,553} * 100 = 9,98 \%$$



Graf 3. Naměřené hodnoty vzorku 1 po osnově s variabilitou 9,98 %.

○ Lpění vzorku 1 - osnova 168 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	30,5	35,9	26,34	26,56	25,89
	28,34	22,50	24,60	28,95	26,44
	27,59	28,98	27,14	28,00	29,11
	27,11	27,21	27,64	28,33	29,01
	29,19	27,18	28,73	28,12	28,76
	28,78	29	28,5	25,87	27,3
	27,41	28,45	29,12	29,00	26,98
	27,09	28,90	26,81	29,12	28,47
	26,14	27,21	27,66	27,21	27,11
	27,47	26,34	26,49	29,13	28,73

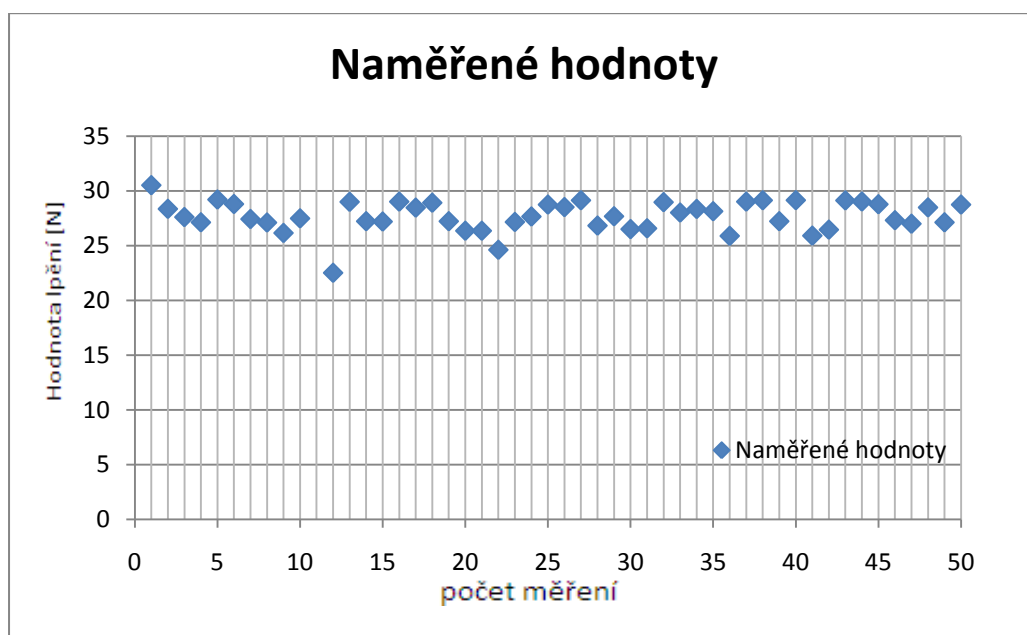
Tabulka 5. Měření lpění vzorku 1 po osnově – 168 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 27,848 \text{ N}$$

$$s^2 = 3,181 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{3,181} = 1,783 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,783}{27,848} * 100 = 11,42 \%$$



Graf 4. Naměřené hodnoty vzorku 1 po osnově s variabilitou 11,42 %.

○ Lpění vzorku 1 - útek 2 hodiny po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	11,76	14,59	15,04	11,11	11,23
	9,75	8,59	13,15	11,62	8,45
	11,89	9,87	13,74	13,55	10,45
	13,34	15,89	9,49	12,45	13,43
	13,78	10,38	9,89	10,00	12,16
	15,06	10,47	11,98	10,31	12,32
	12,74	11,56	9,36	12,98	9,28
	8,63	13,74	15,80	11,50	11,47
	14,47	15,41	9,19	9,97	13,66
	9,23	8,39	13,76	11,86	11,39

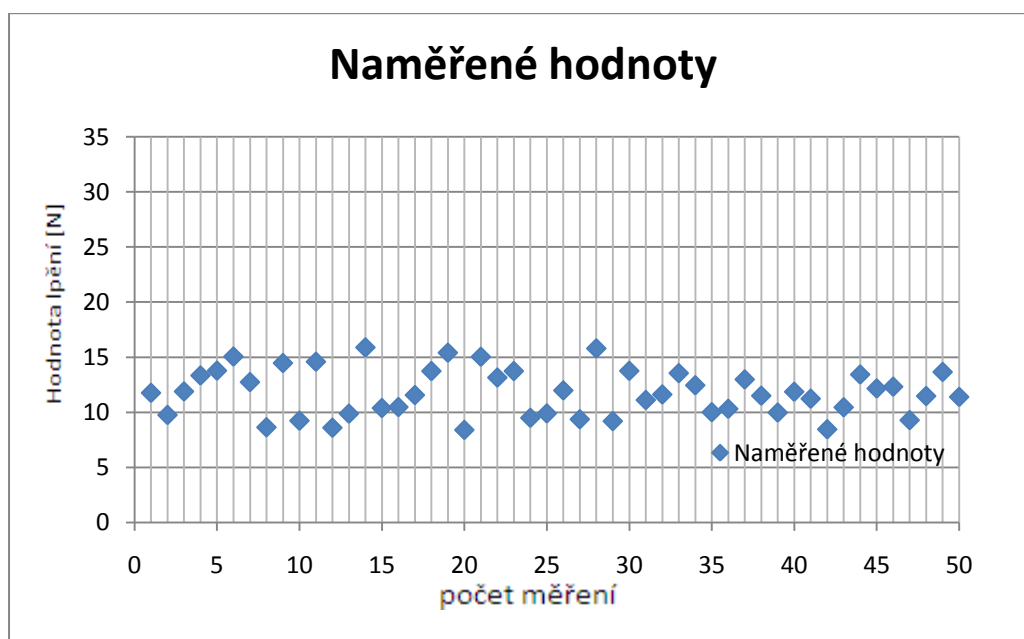
Tabulka 6. Měření lpění vzorku 1 po útku – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 11,803 \text{ N}$$

$$s^2 = 4,302 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{4,302} = 2,074 \text{ N}$$

$$v = \frac{2,074}{11,803} * 100 = 36,45 \%$$



Graf 5. Naměřené hodnoty vzorku 1 po útku s variabilitou 36,45 %.

○ Lpění vzorku 1 - útek 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	12,87	14,55	14,49	13,47	14,44
	14,04	15,77	16,35	16,45	19,63
	15,94	15,06	16,30	15,76	15,31
	15,56	14,38	15,32	14,36	16,70
	14,39	13,37	13,45	17,48	14,59
	15,48	17,83	14,98	16,47	13,68
	15,67	15,67	16,86	13,06	14,94
	16,47	17,53	16,73	16,34	14,30
	14,07	15,38	14,50	13,10	14,15
	12,83	16,39	18,98	17,59	18,12

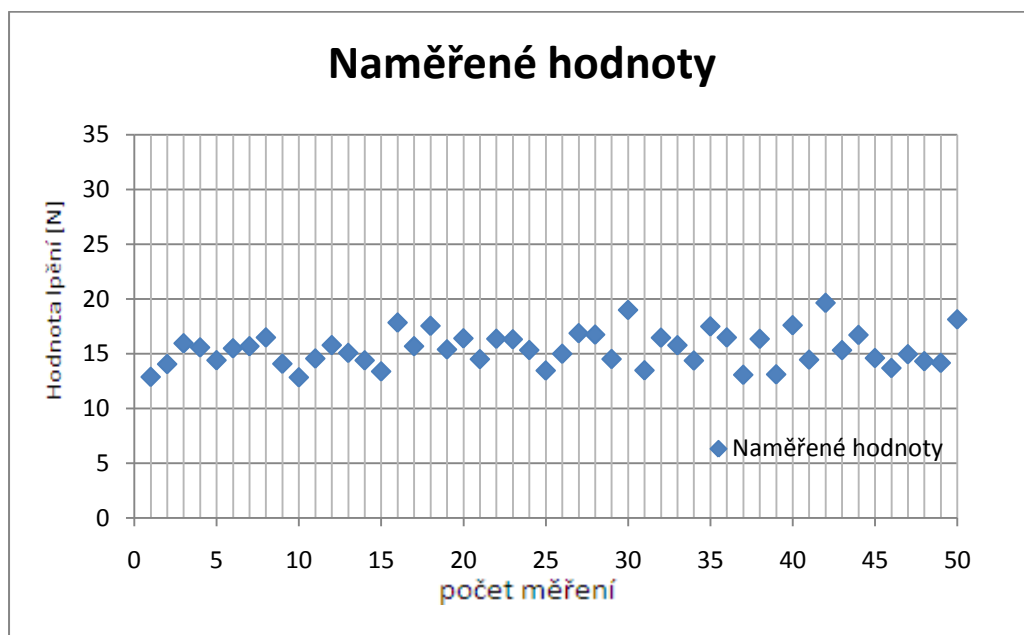
Tabulka 7. Měření lpění vzorku 1 po útku – 24 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 15,423 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,466 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,466} = 1,57 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,57}{15,423} * 100 = 10,18 \%$$



Graf 6. Naměřené hodnoty vzorku 1 po útku s variabilitou 15,99 %.

○ Lpění vzorku 1 - útek 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	16,13	15,87	19,93	13,45	14,58
	22,90	15,94	14,46	17,08	14,11
	16,57	18,31	17,48	18,37	15,34
	17,49	16,92	16,33	18,21	16,29
	18,32	16,56	18,94	15,73	18,43
	16,04	18,75	17,66	16,42	17,9
	17,21	18,28	18,31	17,56	18,98
	18,95	15,21	18,63	16,74	16,34
	17,63	17,73	17,04	18,73	17,35
	16,85	15,01	14,44	18,23	18,58

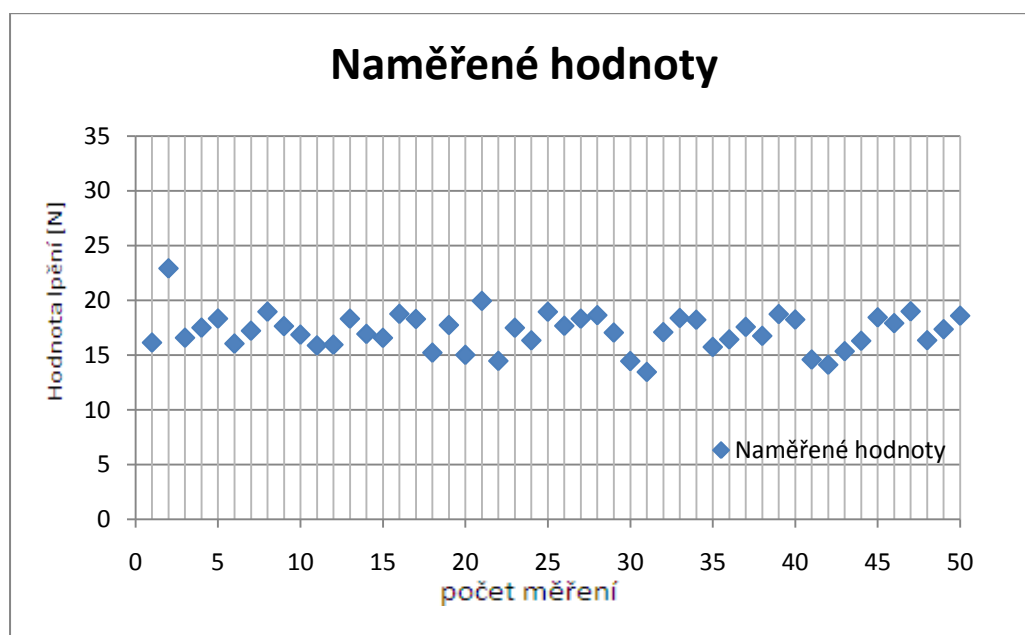
Tabulka 8. Měření lpění vzorku 1 po útku – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 17,166 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,784 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,784} = 1,668 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,668}{17,166} * 100 = 16,22 \%$$



Graf 7. Naměřené hodnoty vzorku 1 po útku s variabilitou 16,22 %.

○ Lpění vzorku 1 - útek 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	16,7	13,95	22,48	23,07	16,77
	16,89	19,74	19,52	18,18	24,02
	19,45	15,83	17,53	19,86	19,42
	18,87	18,53	19,32	19,91	20,21
	18,46	19,56	19,74	19,28	18,43
	19,37	19,35	22,39	20,3	19,01
	19,89	22,19	18,67	19,05	18,20
	18,51	19,39	19,92	17,10	18,57
	19,48	18,53	17,50	18,64	18,40
	18,99	19,02	19,37	19,88	19,52

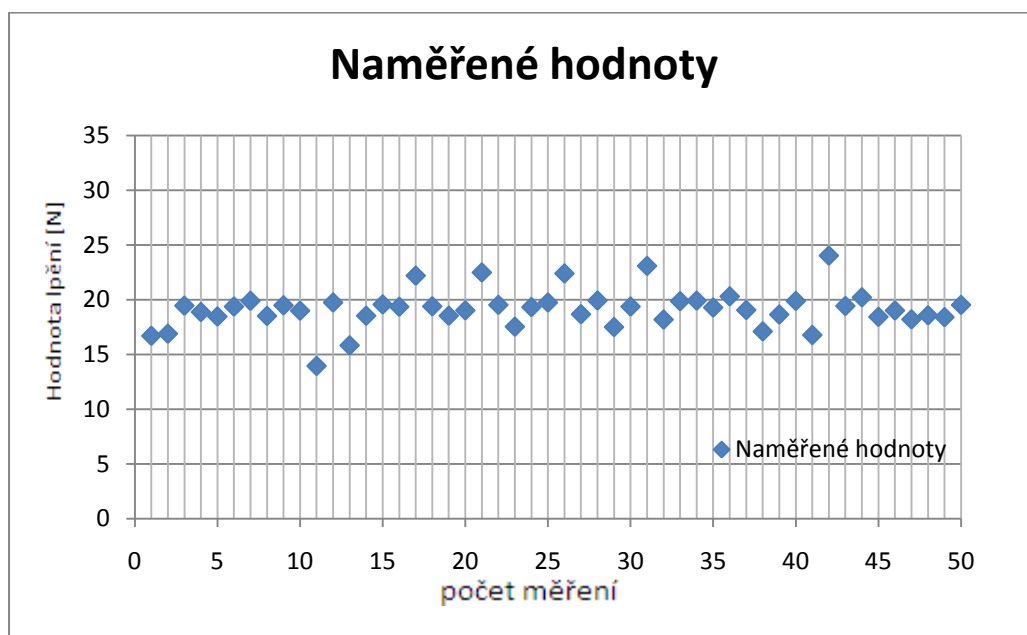
Tabulka 9. Měření lpění vzorku 1 po útku – 72 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 19,139 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,935 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,935} = 1,713 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,713}{19,139} * 100 = 15,33 \%$$



Graf 8. Naměřené hodnoty vzorku 1 po útku s variabilitou 15,33 %.

○ Lpění vzorku 1 - útek 168 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	20,51	19,13	19,55	18,19	21,04
	21,79	21,05	21,43	21,14	22,45
	19,14	21,66	22,57	21,91	21,75
	20,58	22,53	21,79	19,35	22,01
	22,54	19,48	20,10	21,38	23,26
	19,53	21,04	21,88	17,98	18,2
	21,19	19,77	19,89	20,38	21,53
	20,28	18,01	18,73	21,08	20,38
	19,04	22,62	20,48	19,31	19,68
	22,05	19,93	23,53	19,17	23,19

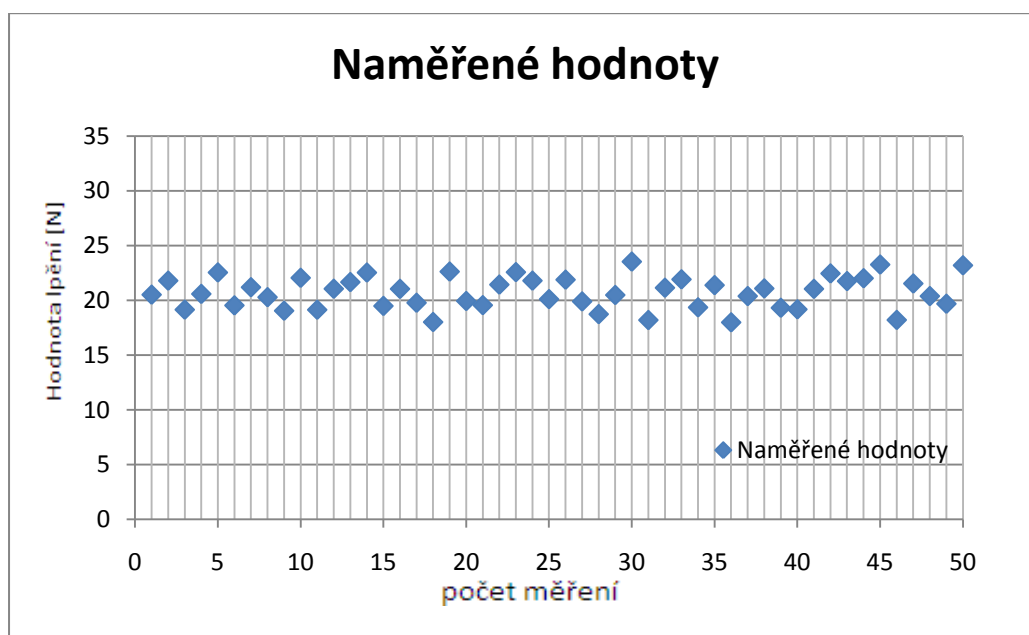
Tabulka 10. Měření lpění vzorku 1 po útku – 168 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 20,704 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,083 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,083} = 1,443 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,443}{20,704} * 100 = 10,06 \%$$



Graf 9. Naměřené hodnoty vzorku 1 po útku s variabilitou 10,06 %

5.2.2 VÝSLEDKY LPĚNÍ VZORKU 2

Druhý vzorek byl vyroben za sériových podmínek, jak bylo popsáno v kap. 5.1, ale nebyl nechán v dílně, nýbrž byl umístěn do laboratoře. Laboratoř byla klimatizována na stálou teplotu a vlhkost, účelem bylo simulovat chování materiálu a lepidla při zvýšené vlhkosti.

○ Lpění vzorku 2 - osnova 2 hodiny po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	16,4	13,8	16,56	15,61	16,08
	15,89	15,23	10,24	16,43	17,00
	14,76	16,47	16,89	10,08	15,34
	18,98	16,55	17,10	14,78	16,49
	15,32	16,89	15,67	15,35	15,46
	17,98	17,43	16,04	15,78	16,64
	16,76	15,47	16,44	17,80	16,26
	16,95	16,46	17,68	16,99	15,53
	15,30	15,89	16,30	17,21	17,76
	14,88	15,79	14,78	16,92	16,10

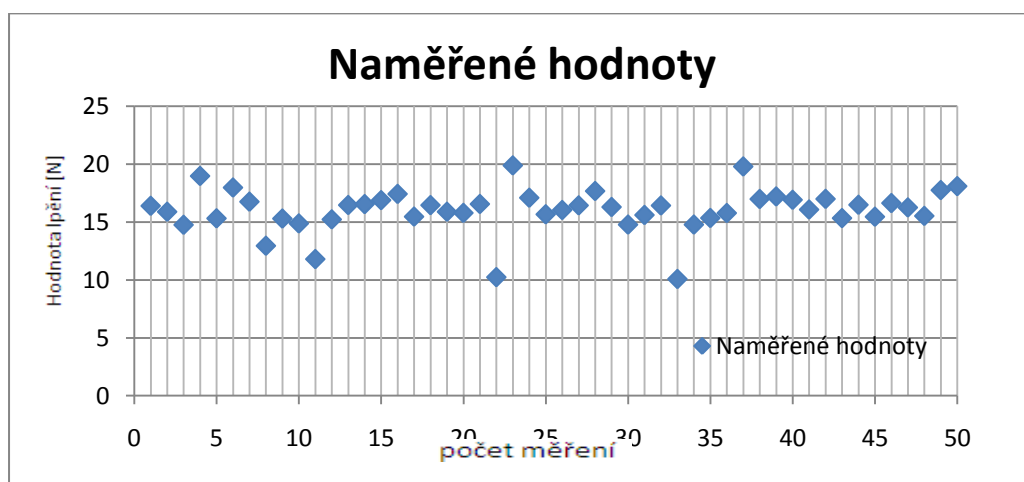
Tabulka 11. Měření lpění vzorku 2 po osnově – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 16,010 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,347 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,347} = 1,532 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,532}{16,010} * 100 = 14,66 \%$$



Graf 10. Naměřené hodnoty vzorku 2 po osnově s variabilitou 14,66 %

○ Lpění vzorku 2 - osnova 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	23,53	23,6	23,87	22,78	25,72
	25,70	21,79	25,33	22,14	23,40
	24,85	24,50	24,81	24,57	24,67
	23,68	22,51	24,11	23,90	23,71
	21,08	26,69	21,53	26,00	23,12
	23,74	24,48	25,75	24,3	23,84
	22,99	21,83	24,80	22,65	23,64
	21,43	22,67	23,74	23,88	24,40
	24,80	22,56	21,87	25,10	23,26
	22,65	21,87	25,01	24,76	26,80

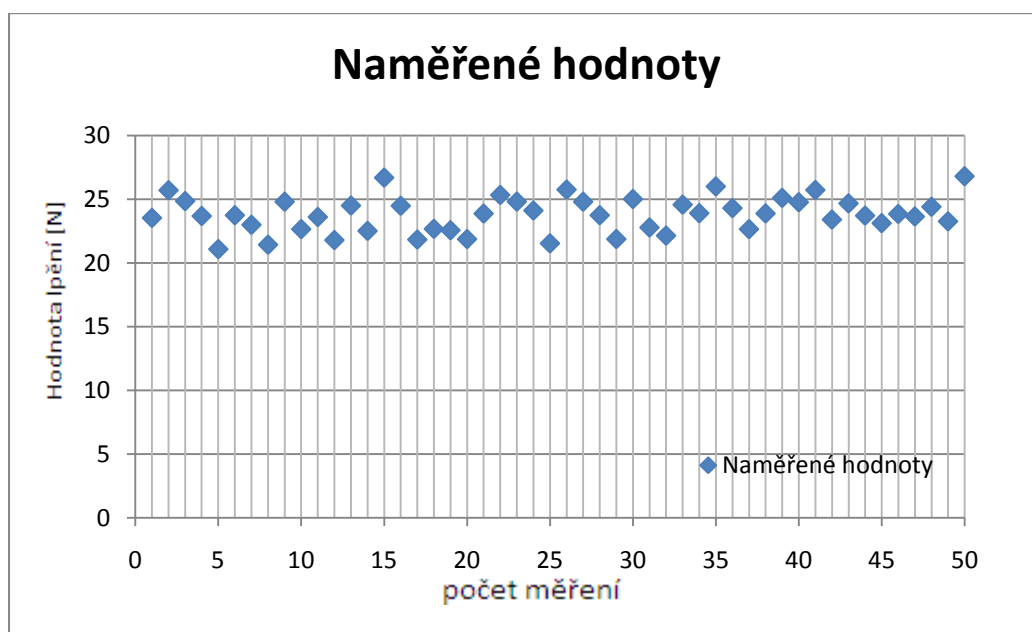
Tabulka 12. Měření lpění vzorku 2 po osnově – 24 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 23,808 \text{ N}$$

$$s^2 = 1,861 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{1,861} = 1,364 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,364}{23,808} * 100 = 7,82 \%$$



Graf 11. Naměřené hodnoty vzorku 2 po osnově s variabilitou 7,82 %.

○ Lpění vzorku 2 - osnova 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	26,43	25,76	26,8	25,42	27,15
	25,76	26,87	24,34	24,67	24,26
	27,80	25,88	25,82	25,78	27,45
	27,98	27,89	26,71	26,49	22,31
	24,60	24,50	26,94	25,86	25,47
	26,74	24,67	25,45	25,46	25,96
	26,45	28,78	25,65	25,39	25,18
	24,89	26,12	25,87	22,12	24,86
	25,30	28,90	27,54	25,58	27,54
	22,90	26,37	28,70	25,83	25,13

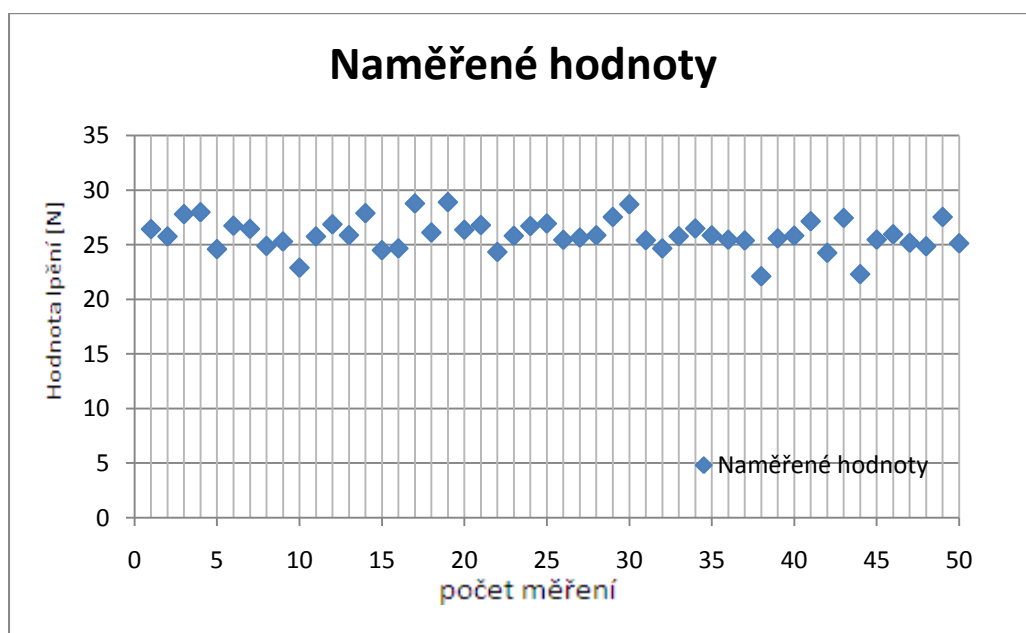
Tabulka 13. Měření lpění vzorku 2 po osnově – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 25,926 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,092 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,092} = 1,446 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,446}{25,926} * 100 = 8,07 \%$$



Graf 12. Naměřené hodnoty vzorku 2 po osnově s variabilitou 8,07 %.

○ Lpění vzorku 2 - osnova 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	29,35	28,55	29,78	26,34	27,99
	28,17	26,22	29,14	29,73	28,10
	26,74	29,87	29,85	28,53	29,01
	28,06	26,56	28,98	28,76	26,56
	26,78	27,64	29,45	26,74	29,83
	29,17	27,84	28,23	26,98	30,18
	26,12	27,01	30,01	29,15	30,25
	29,56	29,96	26,44	28,10	27,51
	31,09	27,96	26,57	29,09	27,88
	28,58	28,22	28,15	29,14	29,36

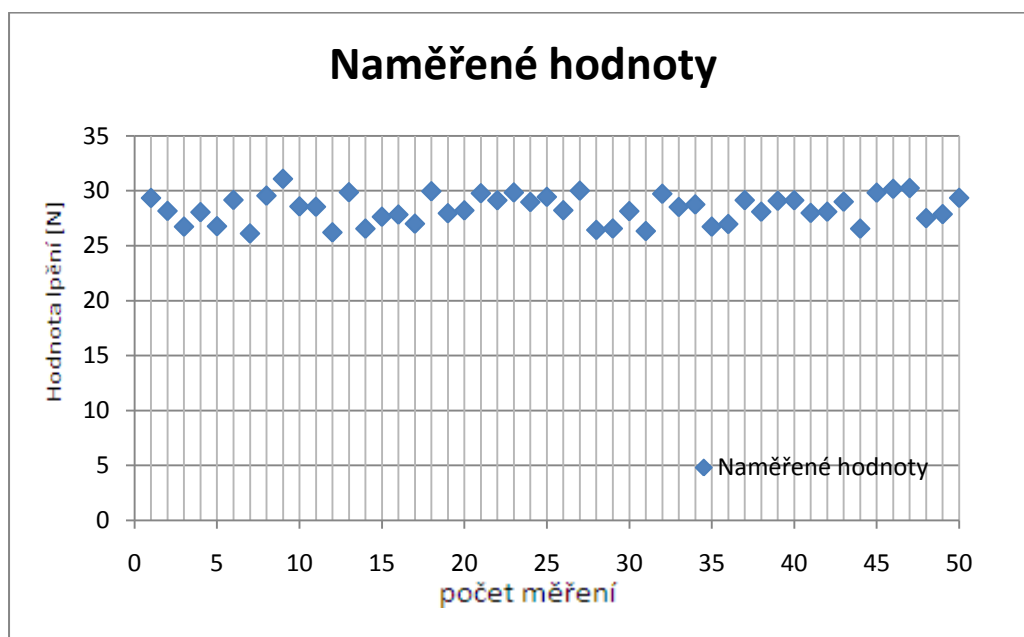
Tabulka 14. Měření lpění vzorku 2 po osnově – 72 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 28,286 \text{ N}$$

$$s^2 = 1,595 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{1,595} = 1,263 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,263}{28,286} * 100 = 5,62 \%$$



Graf 13. Naměřené hodnoty vzorku 2 po osnově s variabilitou 5,62 %.

○ Lpění vzorku 2 - osnova 168 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	30,85	29,3	32,82	30,42	31,29
	30,53	31,48	29,54	31,63	32,50
	31,77	30,24	30,00	33,94	29,33
	30,56	30,65	31,41	25,89	31,65
	31,46	29,46	30,23	30,75	30,42
	29,63	30,35	31,38	29,68	30,25
	30,90	29,97	28,69	30,66	29,51
	31,65	31,38	30,58	29,99	30,69
	31,87	31,50	31,60	29,56	30,53
	28,09	29,85	31,94	31,22	31,36

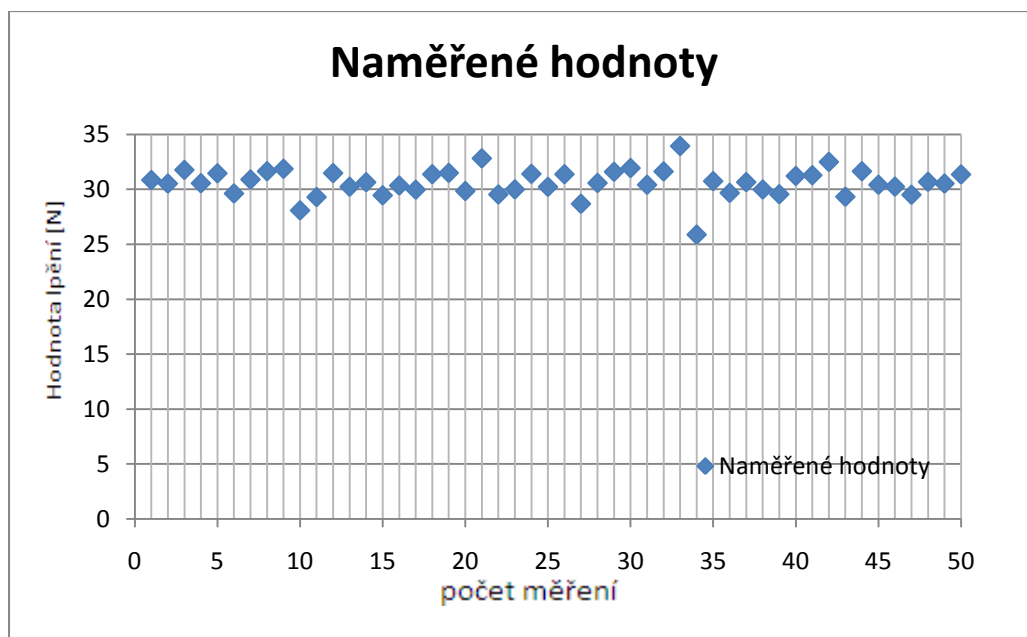
Tabulka 15. Měření lpění vzorku 2 po osnově – 168 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 30,619 \text{ N}$$

$$s^2 = 1,573 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{1,573} = 1,254 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,254}{30,619} * 100 = 5,14 \%$$



Graf 14. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 5,14 %.

○ Lpění vzorku 2 - útek 2 hodiny po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	10,76	13,26	12,38	14,73	12,8
	11,87	16,79	11,15	13,24	16,76
	12,89	13,75	12,76	14,83	14,59
	11,35	14,89	15,47	14,78	14,23
	12,79	12,38	10,92	15,20	11,88
	14,95	12,47	12,05	13,06	13,03
	11,43	10,66	11,42	12,33	11,35
	11,63	11,74	16,00	15,48	12,67
	12,35	12,44	12,24	11,57	13,42
	13,10	12,70	11,89	10,98	12,73

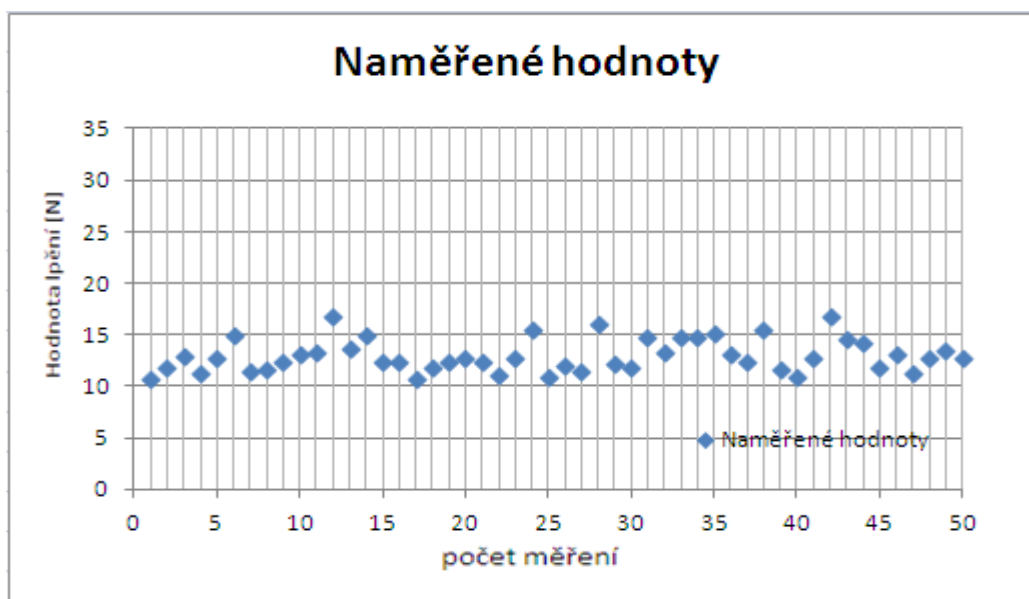
Tabulka 16. Měření lpění vzorku 2 po útku – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 13,003 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,451 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,451} = 1,565 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,565}{13,003} * 100 = 18,85 \%$$



Graf 15. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 18,85 %.

○ Lpění vzorku 2 - útek 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	18,84	16,41	14,89	14,35	15,64
	15,76	16,57	15,36	15,12	18,33
	18,95	18,07	16,34	16,56	15,36
	17,43	15,35	14,28	14,28	15,71
	17,57	16,39	15,67	18,72	13,46
	18,59	15,84	15,98	18,44	14,78
	15,33	17,67	17,23	16,87	15,94
	16,01	15,54	18,52	15,43	17,99
	18,46	15,48	17,50	17,98	15,15
	16,70	15,26	17,89	14,21	17,42

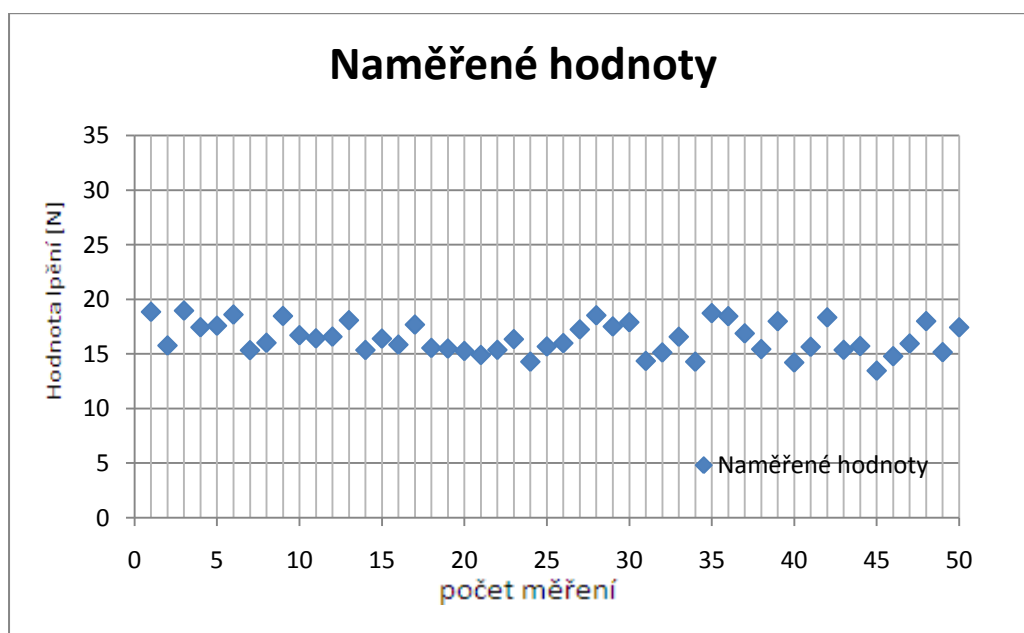
Tabulka 17. Měření lpění vzorku 2 po útku – 24 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 16,432 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,048 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,048} = 1,431 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,431}{16,432} * 100 = 12,46 \%$$



Graf 16. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 12,46 %.

○ Lpění vzorku 2 - útek 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	16,13	16,78	18,53	17,85	17,44
	22,90	17,64	17,37	18,93	18,41
	16,57	18,23	20,01	17,48	18,84
	17,49	18,41	19,23	22,10	18,36
	18,32	15,48	17,36	19,74	19,03
	16,04	17,66	18,77	19,52	21,32
	17,21	19,10	18,41	20,48	18,56
	18,95	18,34	17,84	19,75	18,90
	17,63	16,87	18,98	19,31	20,06
	16,85	15,00	19,54	18,24	21,73

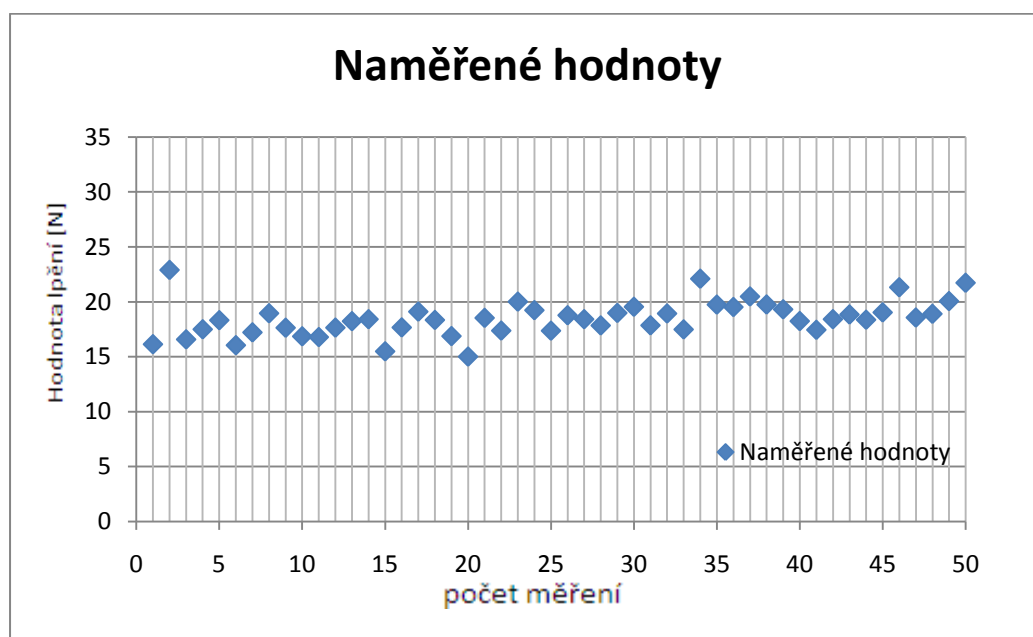
Tabulka 18. Měření lpění vzorku 2 po útku – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 18,474 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,463 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,463} = 1,569 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,569}{18,474} * 100 = 13,33 \%$$



Graf 17. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 13,33 %.

○ Lpění vzorku 2 - útek 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	19,05	20,53	21,36	22,49	18,32
	19,53	18,49	22,53	22,47	21,98
	18,48	17,14	18,56	19,87	22,34
	20,43	19,87	19,32	18,82	21,21
	20,69	21,06	20,73	19,38	19,43
	21,7	23,67	21,38	23,85	19,04
	19,79	21,45	21,76	19,53	22,80
	19,61	19,49	20,98	18,10	19,47
	18,49	17,56	21,20	17,67	17,54
	20,54	18,02	19,46	20,80	20,98

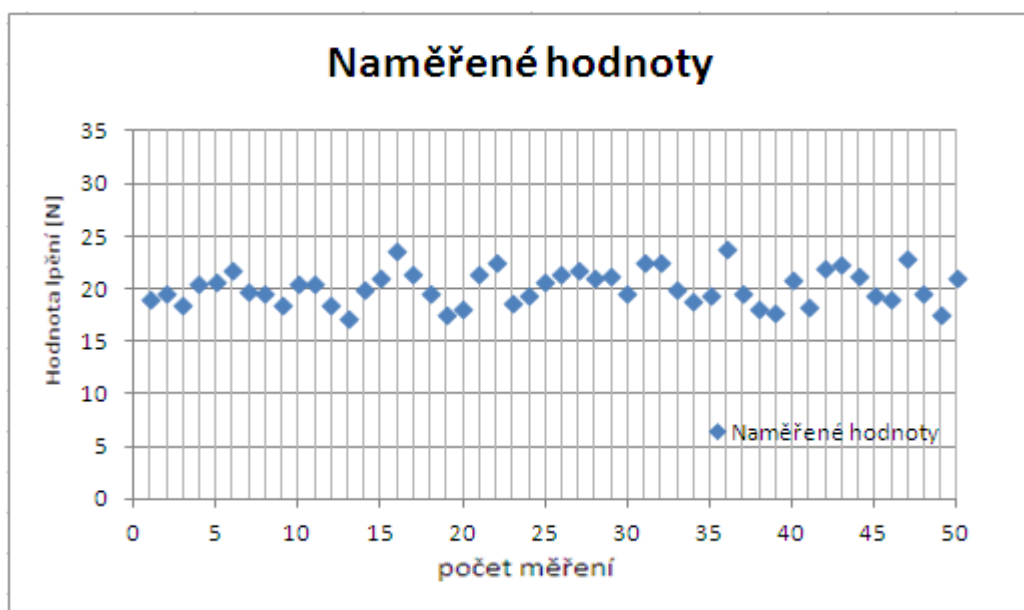
Tabulka 19. Měření lpění vzorku 2 po útku – 72 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 20,179 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,672 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,672} = 1,635 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,635}{20,179} * 100 = 13,24\%$$



Graf 18. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 13,24 %.

○ Lpění vzorku 2 - útek 168 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	21,6	20,33	21,97	20,67	20,38
	21,89	22,17	20,54	21,10	20,78
	22,89	19,66	23,21	22,00	23,98
	20,42	21,78	21,74	22,67	22,12
	21,10	23,58	20,00	22,45	23,10
	20,43	21,78	23,25	21,98	21,2
	22,49	23,53	19,06	22,49	23,11
	22,68	23,20	22,89	21,57	20,34
	20,13	22,67	20,78	23,74	22,37
	22,79	23,70	22,29	22,74	24,10

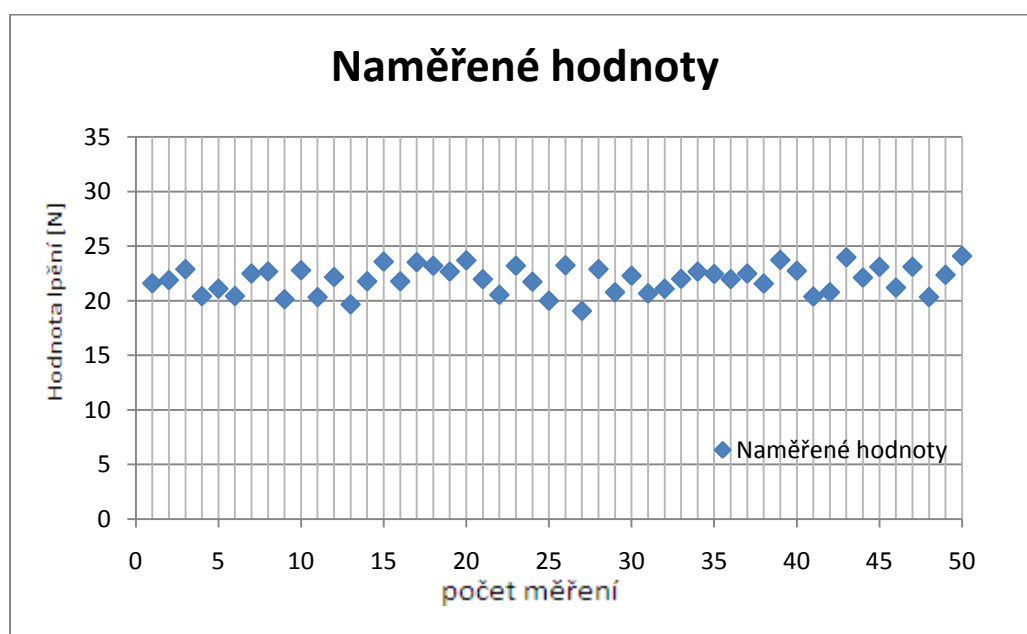
Tabulka 20. Měření lpění vzorku 2 po útku – 168 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 21,949 \text{ N}$$

$$s^2 = 1,507 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{1,507} = 1,227 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,227}{21,949} * 100 = 6,86\%$$



Graf 19. Naměřené hodnoty vzorku 2 po útku s variabilitou 6,86 %.

5.2.3 VÝSLEDKY LPĚNÍ VZORKU 3

Třetí vzorek byl vyroben na základě výsledků vzorků 1 a 2 a to také za stejných sériových podmínek a při stejném nastavení strojů. Bylo zde však přidáno zavlažovací zařízení, které by mělo napomoci rychlejšímu zesítní, a tudíž i rychlejšímu nástupu lpění vrstev.

○ Lpění vzorku 3 - osnova 2 hodiny po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	14,12	18,95	14,91	22,56	18,98
	19,61	23,09	19,96	18,37	19,70
	19,01	19,45	17,87	18,91	18,87
	18,76	20,23	16,72	17,86	17,50
	19,92	19,51	20,05	16,50	19,01
	16,18	18,76	19,45	15,3	19,72
	18,98	19,51	18,19	19,78	20,68
	20,01	18,34	18,13	18,99	17,47
	18,89	18,71	19,00	17,89	16,35
	18,14	18,56	19,87	19,26	18,28

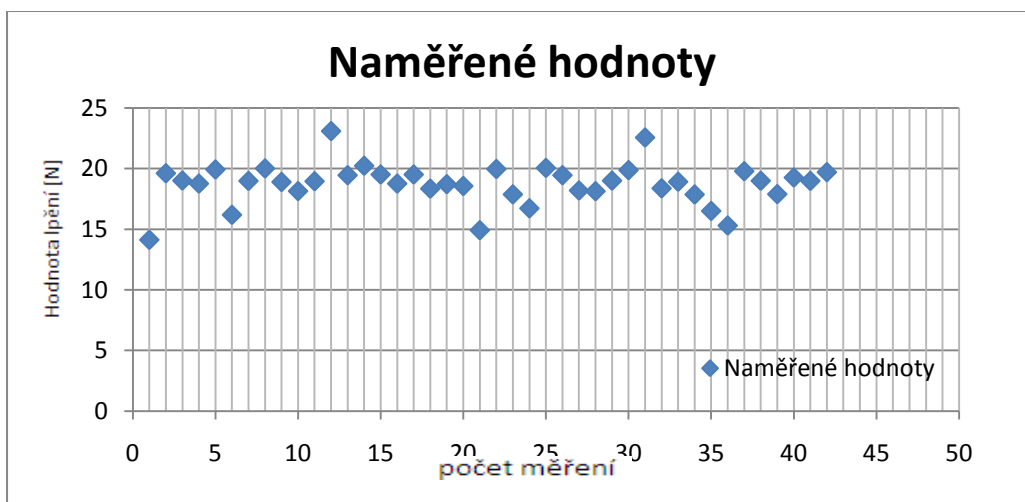
Tabulka 21. Měření lpění vzorku 3 po osnově – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 18,697 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,595 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,595} = 1,611 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,611}{18,697} * 100 = 13,88 \%$$



Graf 20. Naměřené hodnoty vzorku 3 po osnově s variabilitou 13,88 %.

○ Lpění vzorku 3 - osnova 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	27,82	26,43	26,1	26,45	25,3
	24,73	21,71	25,19	25,52	22,10
	25,55	24,75	24,12	24,25	24,74
	23,98	25,84	23,75	24,00	22,21
	25,12	25,18	24,79	24,64	24,63
	26,76	24,16	25,3	25,08	24,87
	23,46	23,20	24,56	22,42	25,40
	24,09	27,66	26,76	27,19	27,79
	25,87	26,57	24,32	24,50	26,80
	23,94	24,86	24,75	23,10	24,89

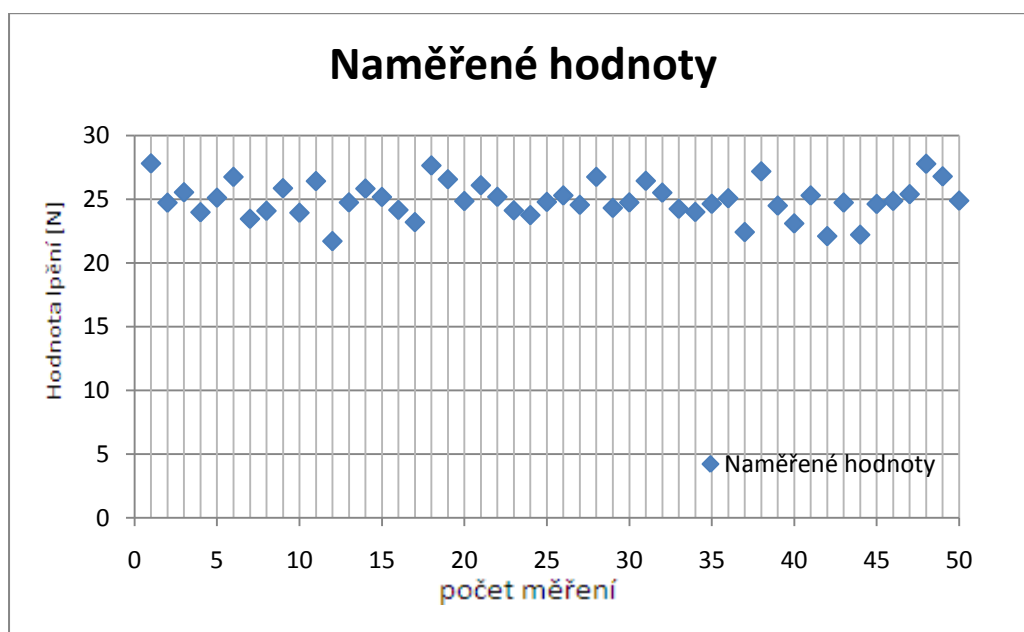
Tabulka 22. Měření lpění vzorku 3 po osnově – 24 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 24,944 \text{ N}$$

$$s^2 = 1,984 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{1,984} = 1,407 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,407}{24,944} * 100 = 7,96 \%$$



Graf 21. Naměřené hodnoty vzorku 3 po osnově s variabilitou 7,96 %.

○ Lpění vzorku 3 - osnova 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	28,19	28	27,03	27,97	26,22
	24,45	28,17	28,98	25,39	26,87
	27,34	28,13	25,31	27,41	27,87
	28,47	29,73	28,33	25,64	26,73
	27,74	24,99	27,89	27,55	27,32
	25,16	27,75	28,66	26,73	25,47
	26,00	26,86	25,21	27,19	29,13
	26,90	29,00	26,87	24,80	27,12
	27,05	29,30	26,21	20,50	27,18
	26,48	27,31	28,90	27,84	27,56

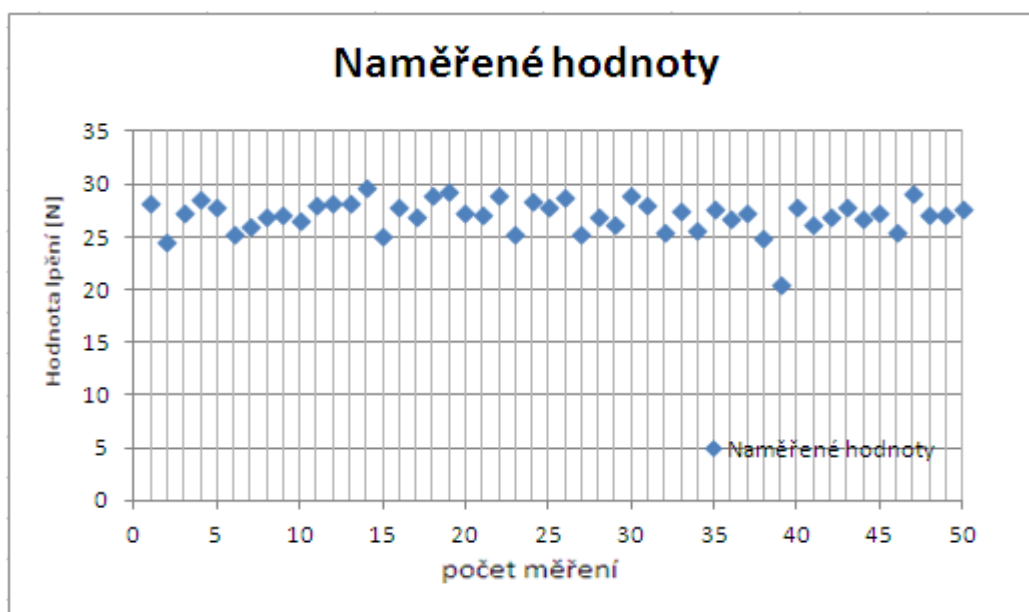
Tabulka 23. Měření lpění vzorku 3 po osnově – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 27,058 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,449 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,449} = 1,564 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,564}{27,058} * 100 = 9,05 \%$$



Graf 22. Naměřené hodnoty vzorku 3 po osnově s variabilitou 9,05 %.

○ Lpění vzorku 3 - osnova 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	29,24	28,78	28,14	27,68	30,89
	27,85	32,64	30,43	29,75	30,13
	28,10	30,86	28,93	27,54	28,54
	28,09	29,85	30,11	28,16	30,71
	30,05	26,11	27,16	29,88	28,99
	28,74	28,98	28,15	27,12	33,13
	32,51	28,14	32,87	30,63	30,16
	30,98	30,16	30,53	28,31	30,75
	33,75	31,79	28,09	27,64	32,80
	30,85	30,76	27,59	30,43	27,16

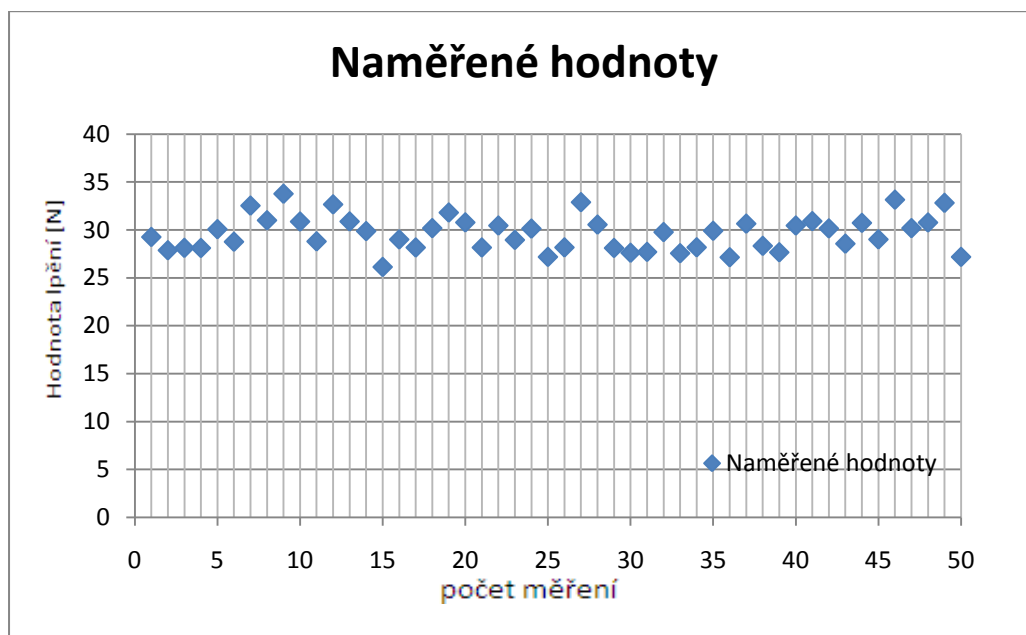
Tabulka 24. Měření lpění vzorku 3 po osnově – 72 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 29,613 \text{ N}$$

$$s^2 = 3,169 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{3,169} = 1,780 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,780}{29,613} * 100 = 10,70 \%$$



Graf 23. Naměřené hodnoty vzorku 3 po osnově s variabilitou 10,70 %.

○ **Lpění vzorku 3 - osnova 168 hodin po laminaci**

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	29,56	30,18	30,19	29,34	29,49
	33,74	33,71	30,53	32,44	30,95
	31,50	30,98	31,38	31,19	33,76
	29,45	29,48	29,59	29,53	33,32
	29,09	30,15	33,87	29,13	30,51
	31,39	30,93	29,01	31,64	31,45
	32,28	30,47	31,73	32,61	30,03
	33,53	29,24	29,58	32,87	34,74
	32,89	31,38	34,98	30,69	30,58
	30,36	30,71	30,13	32,48	30,70

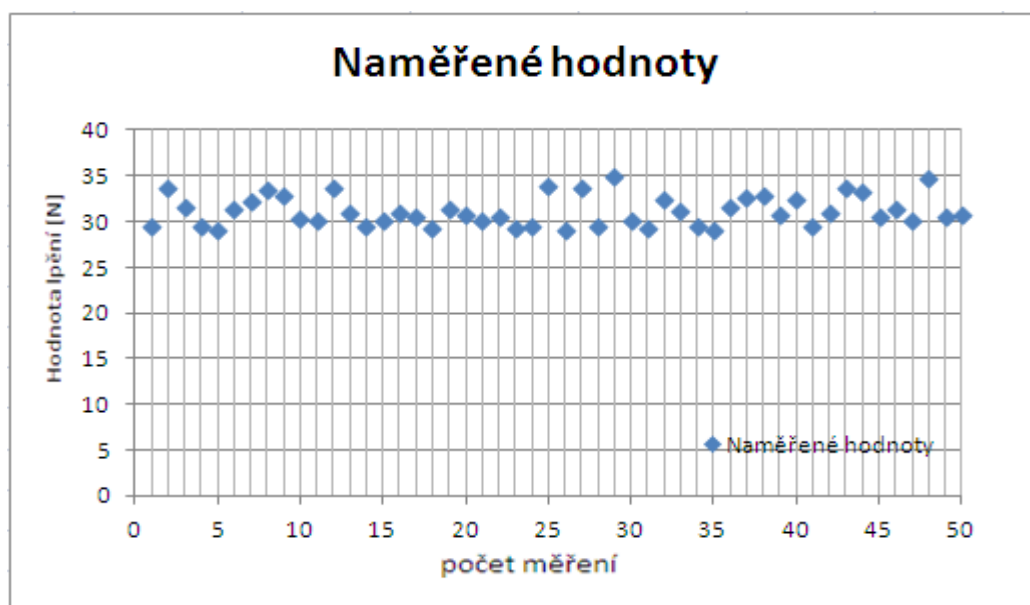
Tabulka 25. Měření lpění vzorku 3 po osnově – 168 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 31,189 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,510 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,510} = 1,584 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,584}{31,189} * 100 = 8,05 \%$$



Graf 24. Naměřené hodnoty vzorku 3 po osnově s variabilitou 8,05 %.

○ Lpění vzorku 3 - útek 2 hodiny po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	11,35	13,38	11,63	10,35	15,52
	14,56	11,66	12,29	12,83	15,06
	11,87	15,31	11,38	12,37	12,43
	13,03	14,10	9,56	11,20	12,88
	10,05	11,98	12,47	12,58	12,22
	12,58	13,01	12,43	10,76	10,49
	13,38	11,23	12,10	10,44	13,67
	14,60	12,36	12,84	12,14	14,80
	11,79	13,77	11,87	10,23	10,51
	14,95	11,48	9,10	11,90	16,30

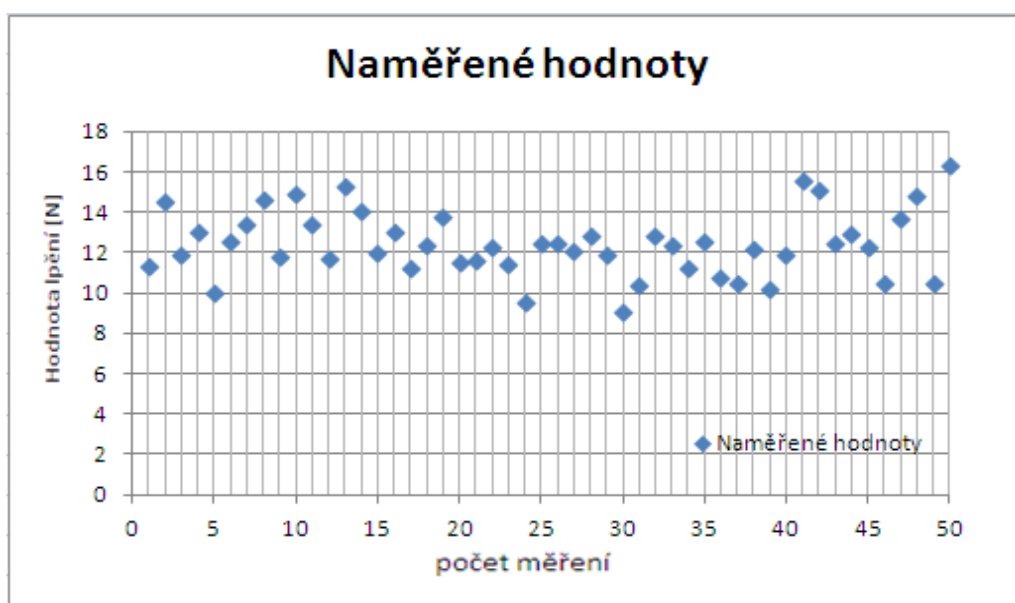
Tabulka 26. Měření lpění vzorku 3 po útku – 2 hodiny po laminaci.

$$\bar{x} = 12,416 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,552 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,552} = 1,598 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,598}{12,416} * 100 = 20,56 \%$$



Graf 25. Naměřené hodnoty vzorku 3 po útku s variabilitou 20,56 %.

○ Lpění vzorku 3 - útek 24 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	15,06	15,21	14,34	16,98	16,5
	16,47	17,52	15,87	15,80	15,00
	17,80	16,49	18,20	16,48	16,20
	16,43	16,71	19,33	12,36	19,00
	16,98	18,23	18,23	15,20	17,43
	15,62	15,36	17,01	16,22	16,32
	19,06	16,75	18,64	16,55	17,99
	16,10	17,14	19,00	19,29	19,36
	15,89	21,59	18,10	18,77	18,21
	18,20	17,90	16,05	17,24	17,63

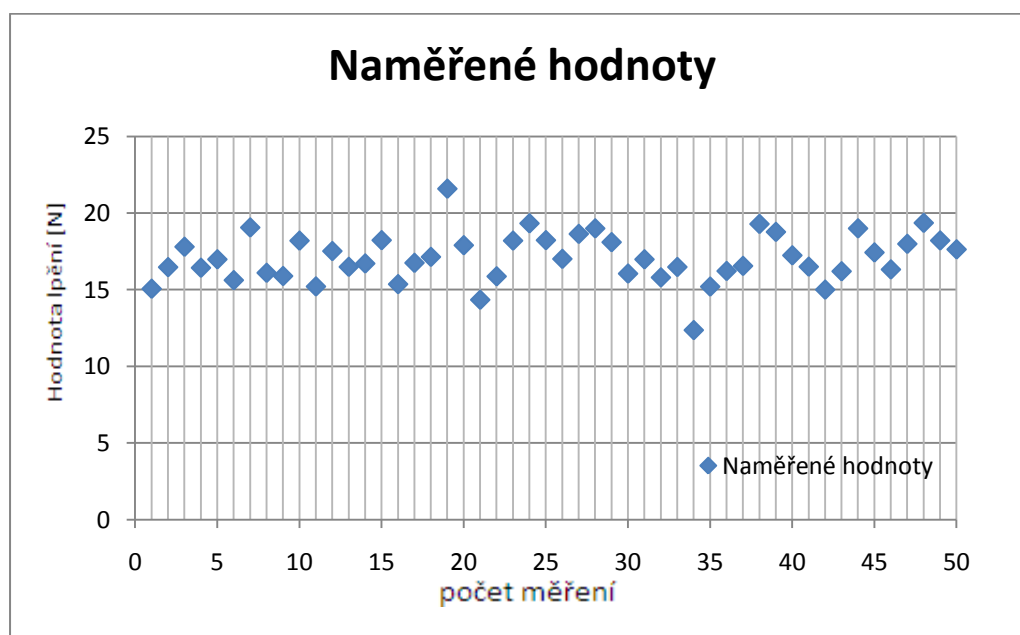
Tabulka 27. Měření lpění vzorku 3 po útku – 24 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 17,076 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,471 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,471} = 1,571 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,572}{17,076} * 100 = 14,47 \%$$



Graf 26. Naměřené hodnoty vzorku 3 po útku s variabilitou 14,47 %.

○ Lpění vzorku 3 - útek 48 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	23,26	18,01	18,59	19,1	19,85
	18,43	18,78	19,05	19,55	18,24
	20,35	17,48	20,51	20,65	19,46
	20,04	22,79	18,45	18,38	18,22
	20,01	18,90	17,34	19,99	19,75
	16,47	18,13	12,96	20,12	20,07
	21,10	19,87	20,08	19,32	19,54
	19,27	20,41	14,96	19,28	23,05
	18,34	18,05	20,23	19,60	18,33
	17,98	20,52	17,36	21,01	22,90

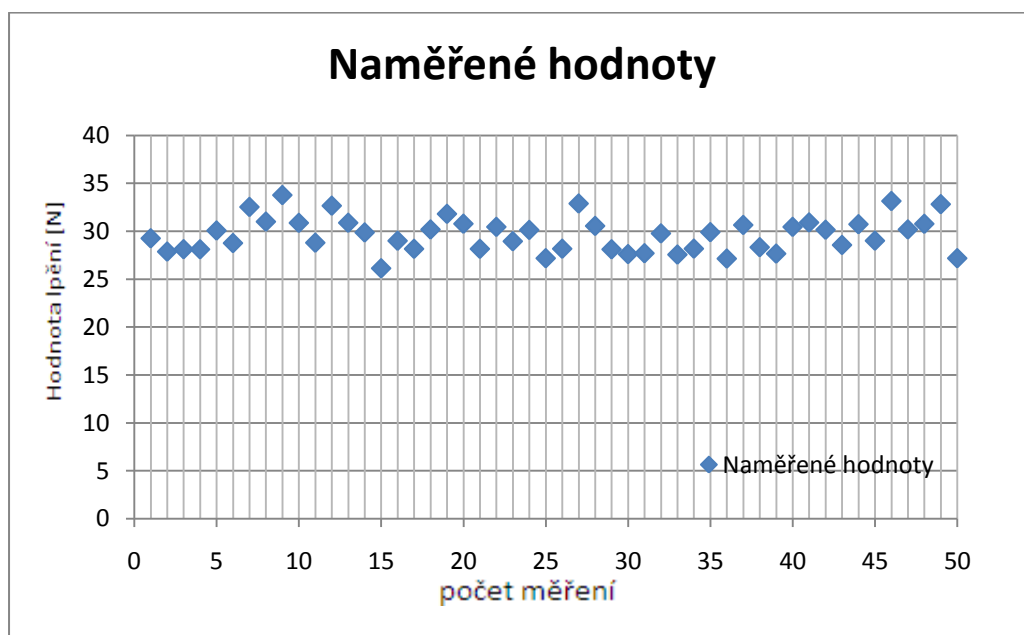
Tabulka 28. Měření lpění vzorku 3 po útku – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 19,283 \text{ N}$$

$$s^2 = 3,305 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{3,305} = 1,818 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,818}{19,283} * 100 = 9,42 \%$$



Graf 27. Naměřené hodnoty vzorku 3 po útku s variabilitou 17,14 %.

○ Lpění vzorku 3 - útek 72 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	20,62	20,01	20,87	19,42	18,14
	21,60	21,36	22,12	21,84	20,00
	20,45	19,84	20,66	19,12	25,07
	21,34	19,98	21,25	18,46	19,28
	19,89	23,47	23,85	22,05	20,12
	19,64	22	24,99	20,83	23,72
	20,87	24,45	22,30	20,46	21,42
	22,73	22,60	19,33	21,17	21,58
	19,80	23,92	22,88	19,60	18,65
	21,38	21,02	18,30	22,74	21,23

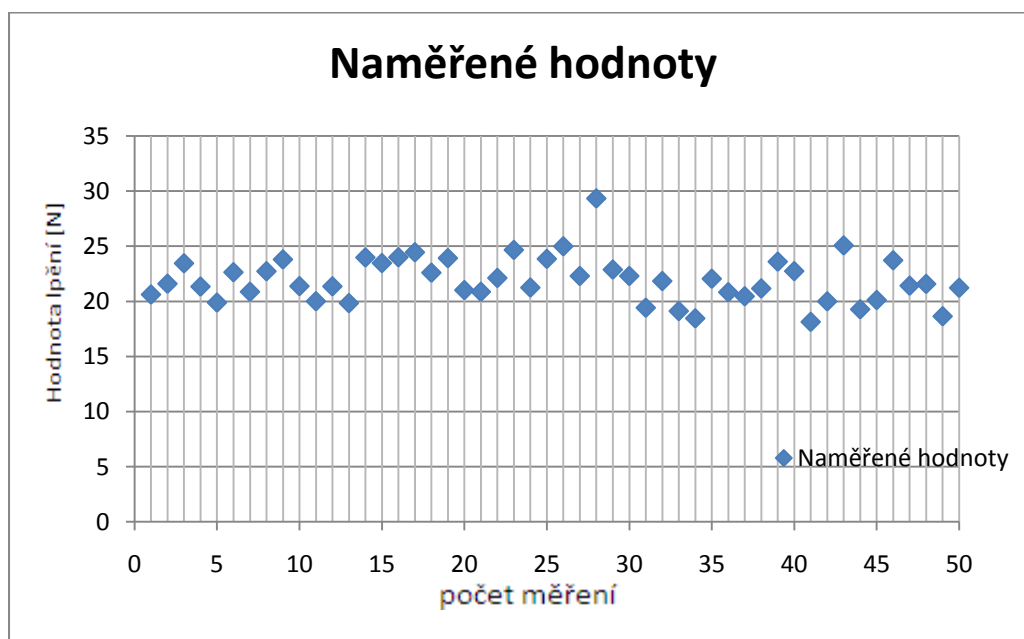
Tabulka 29. Měření lpění vzorku 3 po útku – 72 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 21,168 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,883 \text{ N}^2$$

$$s = \sqrt{2,883} = 1,697 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,697}{21,168} * 100 = 13,62 \%$$



Graf 28. Naměřené hodnoty vzorku 3 po útku s variabilitou 13,62 %.

○ Lpění vzorku 3 - útek 168 hodin po laminaci

Počet měření	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Naměřené hodnoty	22,45	22,38	19,3	20,4	20,19
	19,70	20,56	22,95	22,39	19,70
	23,01	22,62	22,56	21,05	22,41
	19,07	19,56	18,90	19,34	22,85
	22,05	23,94	22,45	23,38	22,12
	22,16	23,39	23,1	19,54	22,29
	23,76	19,49	22,53	22,12	24,85
	19,69	22,74	21,65	22,01	21,56
	23,74	19,38	22,75	19,39	19,45
	22,87	23,45	23,78	22,04	21,39

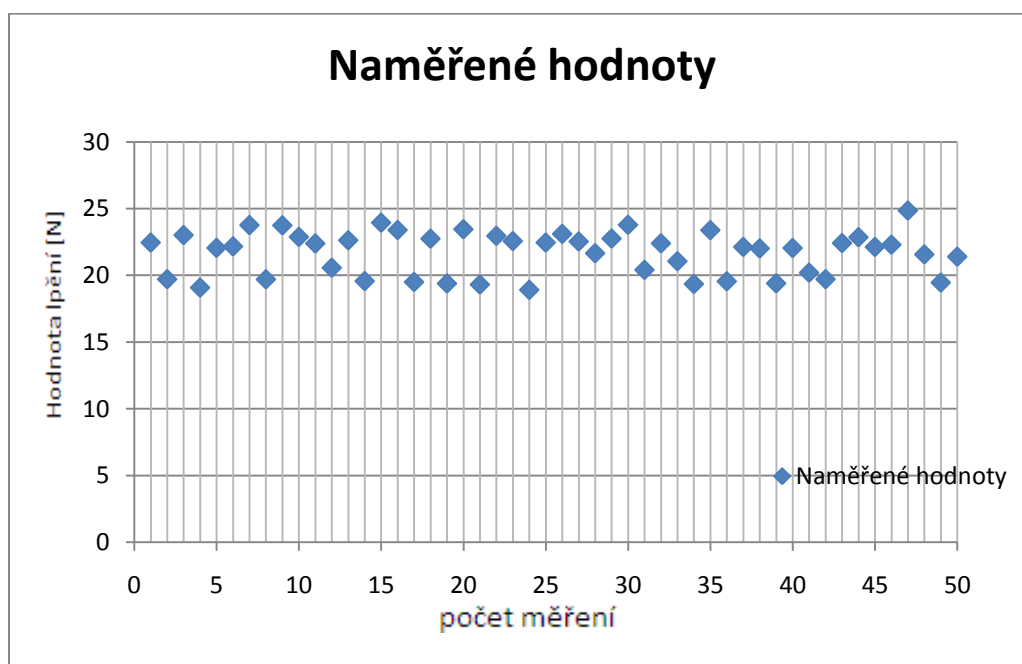
Tabulka 30. Měření lpění vzorku 3 po útku – 48 hodin po laminaci.

$$\bar{x} = 21,689 \text{ N}$$

$$s^2 = 2,529 \text{ N}^2$$

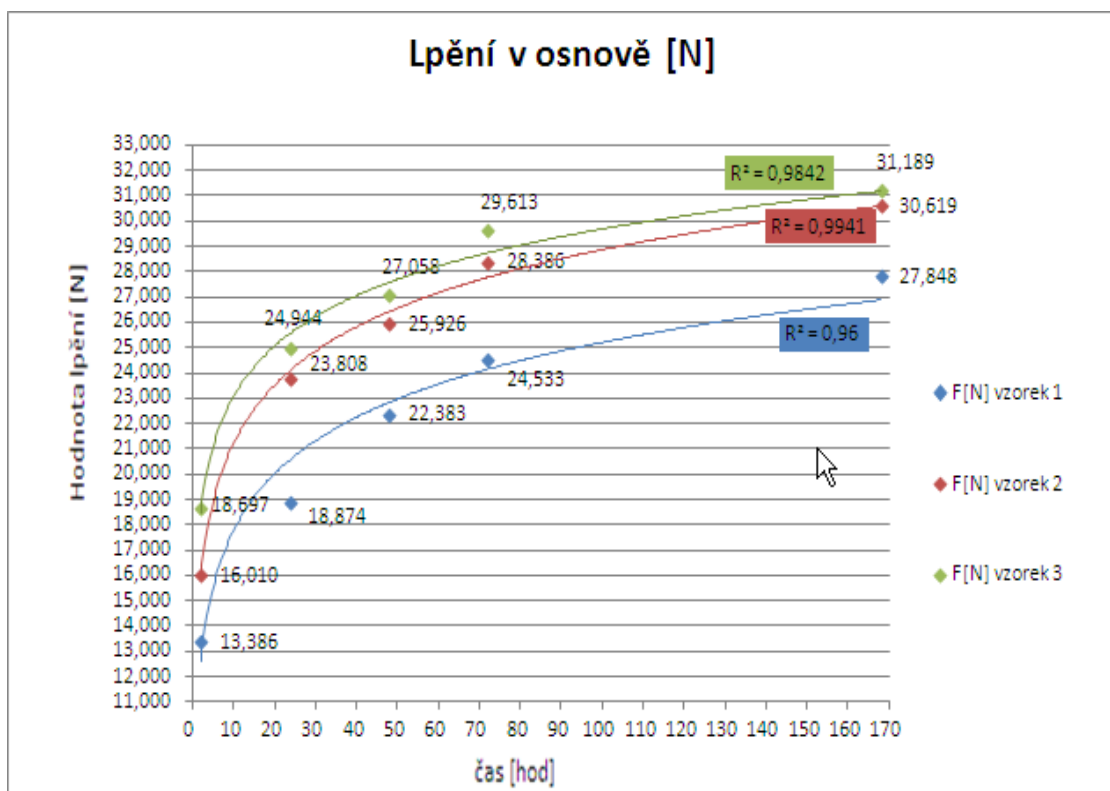
$$s = \sqrt{2,529} = 1,590 \text{ N}$$

$$v = \frac{1,590}{21,689} * 100 = 11,66 \%$$

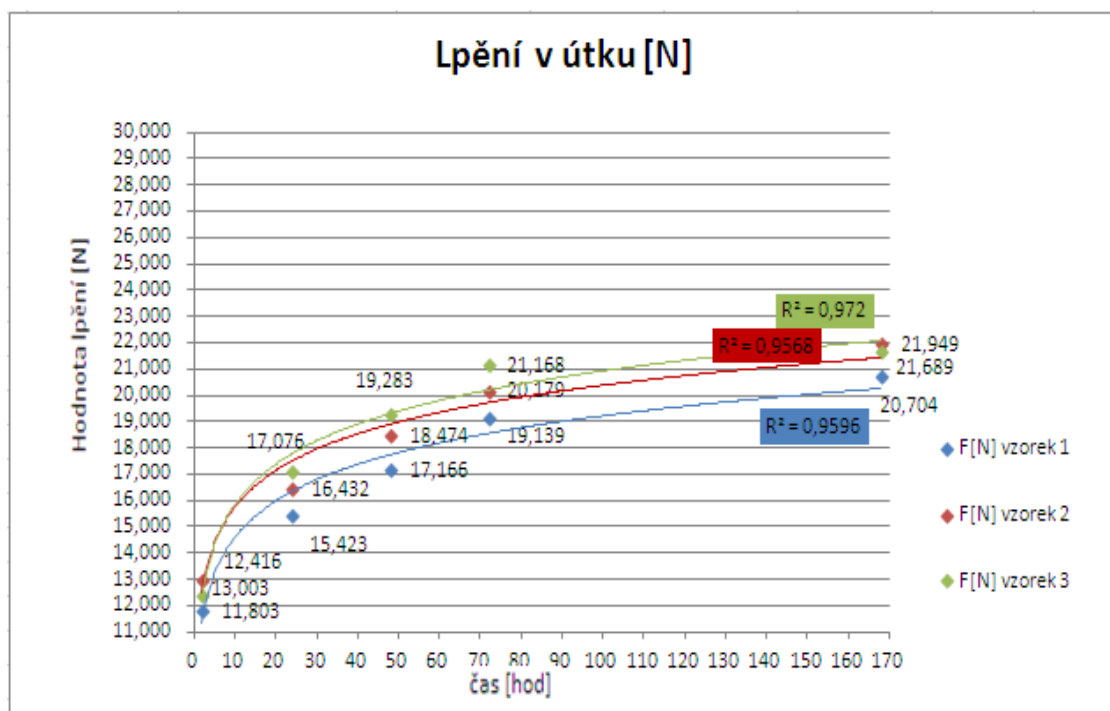


Graf 29. Naměřené hodnoty vzorku 3 po útku s variabilitou 11,66 %,

5.2.4 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ LPĚNÍ U VZORKŮ 1, 2 A 3



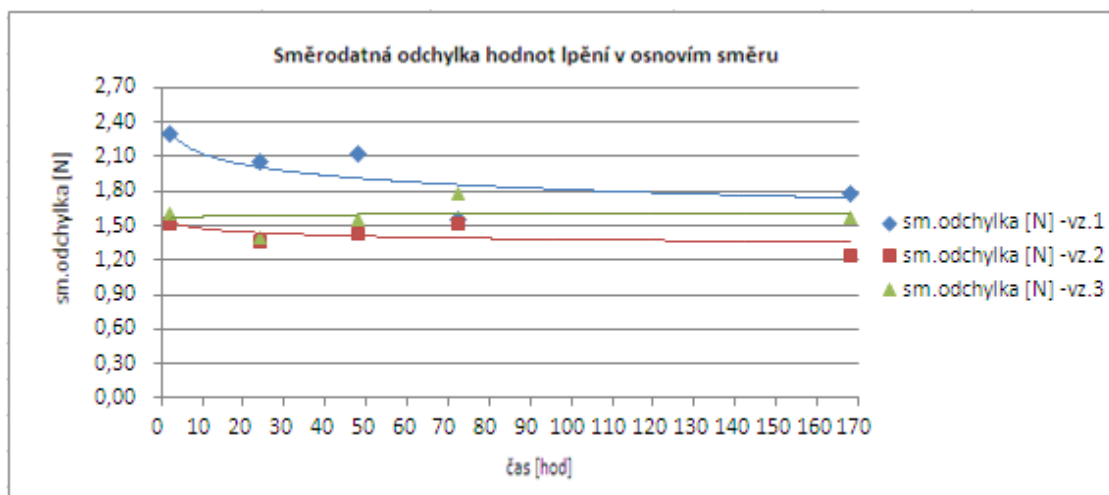
Graf 30. Porovnání lpění v osnově u vzorku 1, 2 a 3.



Graf 31. Porovnání lpění v útku u vzorku 1, 2 a 3.

Směrodatná odchylka hodnot lpění v osnovím směru					
dobu vytvrzení v hod.	2	24	48	72	168
sm.odchylka [N] -vz.1	2,31	2,07	2,13	1,56	1,78
sm.odchylka [N] -vz.2	1,53	1,36	1,45	1,53	1,25
sm.odchylka [N] -vz.3	1,61	1,41	1,56	1,78	1,58

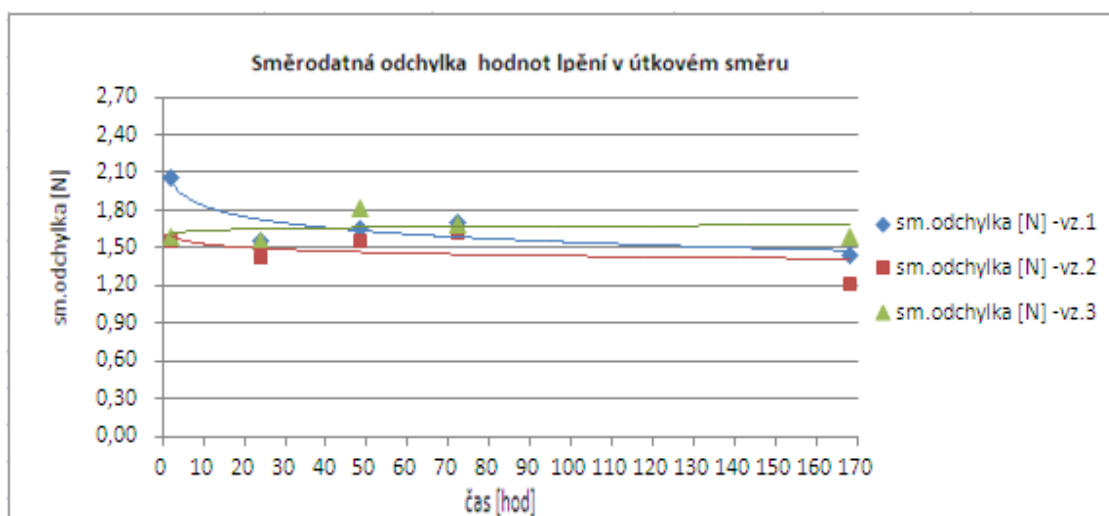
Tabulka 31. Směrodatná odchylka hodnot lpění v osnovním směru.



Graf 32. Směrodatná odchylka naměřených hodnot lpění v osnově u vzorku 1, 2 a 3.

Směrodatná odchylka hodnot lpění v útkovém směru					
dobu vytvrzení v hod.	2	24	48	72	168
sm.odchylka [N] -vz.1	2,07	1,57	1,67	1,71	1,44
sm.odchylka [N] -vz.2	1,57	1,43	1,57	1,63	1,23
sm.odchylka [N] -vz.3	1,60	1,57	1,82	1,70	1,59

Tabulka 32. Směrodatná odchylka hodnot lpění v útkovém směru.



Graf 33. Směrodatná odchylka naměřených hodnot lpění v útku u vzorku 1, 2 a 3.

5.3 MĚŘENÍ BODU TÁNÍ A ODDĚLENÍ VRSTEV

Ze zkušeností, společných analýz a prokazatelných výzkumů společnosti Borgers víme, že pokud se materiál k nim dodaný snadno odlepí při 70°C, pak je tento materiál nevhodný pro další použití v jejich procesu. Proto i pro další pokus byla brána jako stěžejní skutečnost, že pokud vzorek podrobený testu bodotávkem nevydrží tavení při min.80°C, bude vyhodnocen jako nevyhovující a označen v testu červeně. Vše nad 80°C včetně bude vyhodnocen jako OK a bude podbarven zeleně.

5.3.1 MĚŘENÍ VZORKU 1

Vzorek 1 provozní dílna					
[hod]	2	24	48	72	168
T [°C]	60 - již docházelo k tavení krystalů a oddělení vrstev	60 - beze změny	60 - bez změny	60 - beze změny	60 - beze změny
		70 - docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	70 - docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	70 - beze změny
				80 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení	80 - docházelo k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
					90 - docházelo k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
					100 - docházelo k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
					110 - docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev

Tabulka 33. Souhrn teplot tání a oddělení vrstev vzorku 1 v závislosti na čase.

Zde můžeme vidět, že u vzorku 1 dochází dvě hodiny po laminaci již k úplnému a rychlému oddělení vrstev při 60°C. Ani po 24 a 48 hodinách tento vzorek nevyhověl, jelikož došlo k oddělení vrstev již při 70°C. Z tabulky výše je tedy zřejmé, že vzorek 1 by bylo možné poslat k zákazníkovi až po 72 hodinách.

5.3.2 MĚŘENÍ VZORKU 2

Vzorek 2 klimatizovaná laboratoř					
[hod]	2	24	48	72	168
T [°C]	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny
	70 - již docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	70 - beze změny	70 - beze změny	70 - beze změny	70 - beze změny
		75 - již docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	75 - beze změny	75 - beze změny	75 - beze změny
			80 - začátek tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	80 - začátek tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	80 - beze změny
			85 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení	k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	90 - začátek tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
				90 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení	100 - docházelo k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
					120 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení

Tabulka 34. Souhrn teplot tání a oddělení vrstev vzorku 2 v závislosti na čase.

U vzorku 2 můžeme vidět, že 2 hodiny po laminaci má větší teplotní odolnost než vzorek 1. K oddělování dochází při 70°C, a tudíž ani tento vzorek by nemohl být poslán po 2 ani po 24 hodinách. K výraznému rozdílu dochází po 48 hodinách, kdy vzorek z klimatizované laboratoře odolá teplotě až 85°C. Z výsledků je tedy zřejmé, že vzorek 2 by mohl být poslán k zákazníkovi již po 48 hodinách.

Z výsledků je také vidět, že mezi vzorkem 1 a 2 je vždy rozdíl kolem 10°C.

5.3.3 MĚŘENÍ VZORKU 3

Vzorek 3 provozní dílna zavlažování					
[hod]	2	24	48	72	168
T [°C]	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny	60 - beze změny
	70 - již docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	70 - beze změny	70 - beze změny	70 - beze změny	70 - beze změny
		75 - již docházelo k tavení krystalů a úplnému oddělení vrstev	75 - beze změny	75 - beze změny	75 - beze změny
			80 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení vrstev	80 - začátek tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	80 - beze změny
				85 - docházelo k tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev	90 - začátek tavení krystalů a snadnějšímu oddělení vrstev
				90 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení vrstev	110 - krystalky lepidla roztály a došlo k úplnému oddělení vrstev

Tabulka 35. Souhrn teplot tání a oddělení vrstev vzorku 3 v závislosti na čase.

Dle výsledků vzorek 3 potvrdil, stejně jako u lpění, stejné chování jako vzorek 2. Tedy i tento vzorek by bylo možné poslat již po 48 hodinách k zákazníkovi a u něj by se nemělo objevit odlepení vrstev v důsledku nezesítného lepidla. I zde tedy bylo ověřeno, že zavlažovací zařízení může imitovat chování materiálu v klimatizované komoře se zvýšenou vlhkostí i přesto, že je vzorek ponechán na provozní dílně.

5.4 MĚŘENÍ INFRAČERVENÉ SPEKTROSKOPIE

Měření bylo realizováno na TZU Brno a vzorky byly vždy měřeny třikrát na různých místech. Vzorky byly po celou dobu pokusu v exsikátoru, aby se zamezilo přístupu vzduchu a v tomto zařízení také byly převáženy do TZU.

Testování proběhlo na spektrometru Nicolet, což je standardní jednopaprskový spektrometr pracující v rozsahu vlnočtů $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$.

Kyvetový prostor je konstruován na průchod jednoho paprsku, tj. nejprve se měří bez vzorku jednopaprskové spektrum pozadí, a poté se po vložení vzorku změří jednopaprskové spektrum vzorku. Přístroj pak na základě obou jednopaprskových spekter spočítá spektrum vzorku v požadované veličině (transmitance, absorbance). Ovládání probíhá poté přes počítač PC Pentium prostřednictvím softwaru OMNIC.

Infračervené spektrum má z hlediska kvalitativní analýzy látek dvě významné vlastnosti:

1. Ve svých detailech je charakteristické pro jednotlivé látky natolik, že prakticky neexistují dvě sloučeniny, které by měly zcela shodné IČ-spektrum. Pomocí IČ-spektra můžeme identifikovat danou látku při využití knihoven spekter.

2. Na druhé straně se jednotlivé funkční skupiny projevují ve spektru podobně, a tak lze rozбором infračerveného spektra zjistit přítomnost jistých funkčních skupin v molekule a též vyloučit výskyt jiných funkčních skupin. Pro identifikaci funkčních skupin v molekule jsou zapotřebí tabulky vlnočtů charakteristických vibrací. V tabulkách jsou pro každou funkční skupinu na základě empirické zkušenosti uvedeny intervaly vlnočtů, ve kterých se daná funkční skupina musí projevit absorpcí a dále též relativní intenzita příslušného absorpčního pásu. Šířka intervalu vlnočtů je závislá na ovlivnění vibrace dané funkční skupiny zbytkem molekuly. Některé skupiny jsou charakterizovány několika absorpčními pásy, jiné pásem jediným.

My jsme se u našeho měření zaměřovali na skupinu izokyanátů, která je obsažená v PUR lepidle a díky níž zjistíme, jak je lepidlo vytvrzené. Čím menší pík u této skupiny bude, tím více se lepidlo vytvrdilo.

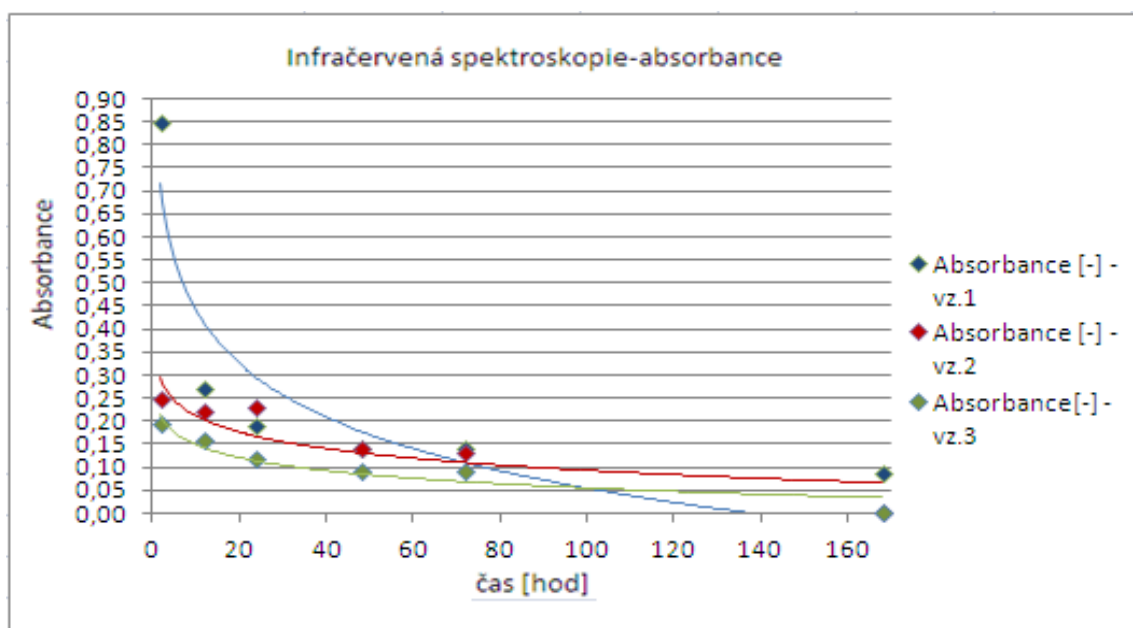
Vlnočet, cm ⁻¹	Intenzita	Přiřazení	Funkční skupina	Další charakteristický pás
2285-2250	vs	$\nu_{as}(N=C=O)$	-N=C=O, isokyanát	1460-1340

5.4.1 NAMĚŘENÉ HODNOTY VŠECH VZORKŮ

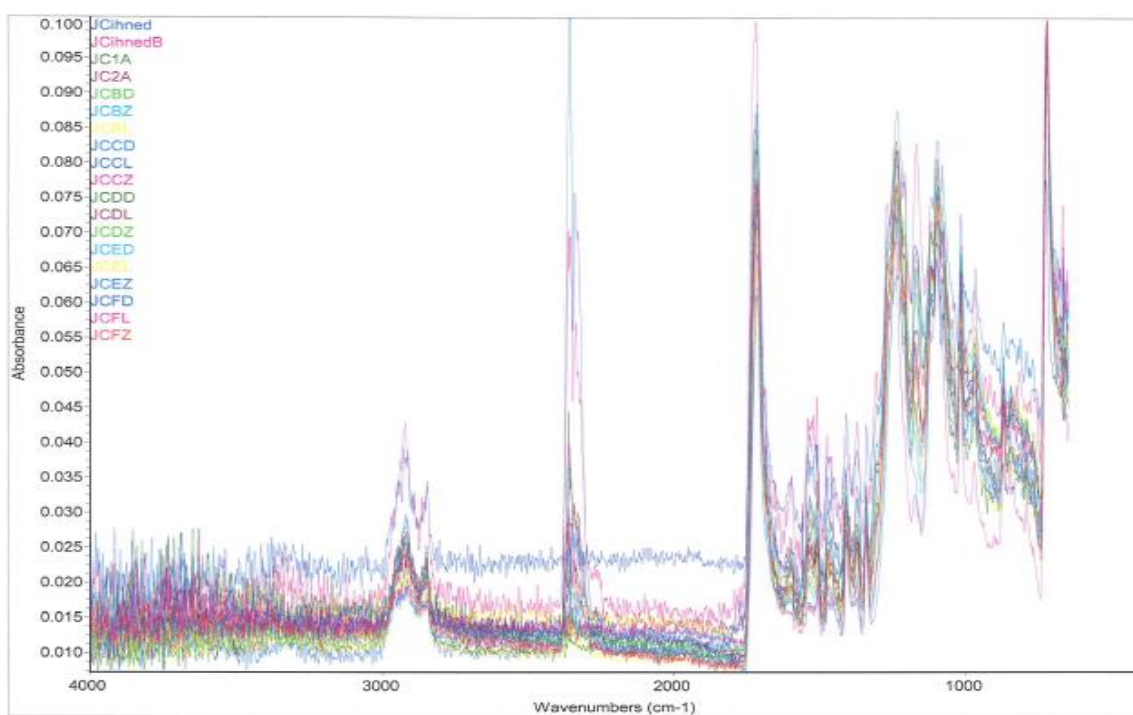
Infračervená spektra všech vzorků byla převedena do přehledné tabulky a zpracována do grafu. Jednotlivá měření vzorků jsou pak v příloze 1.

Infračervená spektroskopie - Absorbance						
doba vytvrzení v hod.	2	12	24	48	72	168
Absorbance [-] - vz.1	0,85	0,27	0,19	0,14	0,14	0,085
Absorbance [-] - vz.2	0,25	0,22	0,23	0,14	0,13	0
Absorbance [-] - vz.3	0,195	0,16	0,12	0,09	0,09	0

Tabulka 36. Přehled naměřených absorbancí u všech vzorků



Graf 34. Naměřená Absorbance vzorku 1,2,3 v čase



Graf 35. Naměřené Absorbance vzorku 1, 2 a 3.

5.5 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ

5.5.1 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ LPĚNÍ

Závislost lpění na době vytvrzování zkoušeného lepidla je patrná na přiloženém grafu. Naměřené hodnoty byly pro větší názornost proloženy logaritmickou regresí, aby vznikl orientační přehled o hodnotách lpění a době vytvrzování. Z této křivky je názorně vidět že průběh není lineární a po celou dobu rozhodně není konstantní. Na grafu 30 a 31 vidíme, že ze začátku vytvrzování lepidlo poměrně rychle vytvrzuje a tím zvyšuje svou pevnost, tudíž zvyšuje lpění materiálů, ale se vzrůstajícím časem se už adheze nezvyšuje tak prudce jako ze začátku, ale pomaleji. Nejznatelnější narůst křivky u všech vzorků je mezi 0-24hodinami. Z grafu je taky zřejmé, že materiál při použití našeho konkrétního lepidla není zcela vytvrzený ani po 72 hodinách, což jsou 3 dny. Je to zřejmé z toho, že vzorky schnoucí 168 (7 dní) vykazují ještě větší lpění a to konkrétně o 3,3 N u vzorku 1, u vzorku 2 = 2,23N, u vzorku 3 = 1,58N. S určitou pravděpodobností se může také předpokládat, že adheze by se ještě o určitou hodnotu, s ještě dále vzrůstající dobou vytvrzení, stále zvyšovala. Ale tato hodnota by už ovšem nebyla nijak závratně vysoká. Je to opět zřejmé z grafu, protože proložená křivka již začínala dostávat lineární průběh, který je takřka rovnoběžný s vodorovnou osou doby vytvrzení.

Z výsledků lpění vzorku 1 a 2 je dále znatelné, že vzorek 2, který byl ponechán v klimatizované laboratoři, a kde byla vyšší vlhkost, má již od začátku vyšší hodnotu lpění než vzorek 1, tudíž hodnotově by splňoval požadavky již po 2 hodinách měření (vzorek 1 měl pouze 13,39N). Vzorek 3, který měl simulovat vzorek 2, ale v sériových podmínkách a s novým zavlažovacím zařízením na zvyšování vlhkosti, potvrdil výsledky vzorku 2.

Z grafů 32, 33 pak můžeme vidět, že směrodatná odchylka u vzorku 1 má sestupnou funkci a ustálí se mezi 62-168hodinami na podobných hodnotách jako vzorek 2 a 3. Proložením hodnot vzorku 2 a 3 logaritmickou regresí dostaneme téměř lineární funkci. Můžeme tedy říci, že hodnoty lpění vzorku 2 a 3 jsou ustálenější než u vzorku 1.

Z naměřených výsledků lpění je patrné, že lepidlo potřebuje k úplnému vytvrzení určitou dobu. Výrobci předepisují dobu, po které dosáhne spoj maximální pevnosti, ale u polyuretanových lepidel by čekání na maximální pevnost bylo několik dní, což by ve výrobní praxi v automobilovém průmyslu mohlo být zdlouhavé a náročné

jak časově, finančně tak i se skladováním, neboť by musely tyto laminované látky někde “schnout“. Ovšem dosáhne-li materiál požadovaných normovaných parametrů již dříve než při úplném vytvrzení, je možné s ním již pracovat. Ovšem než se této hodnoty dosáhne, je nezbytně důležité zajistit, aby materiál zůstal bez pohybu a nebylo s ním manipulováno.

5.5.2 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ BODOTÁVKU

Zde můžeme vidět, že u vzorku 1 dochází dvě hodiny po laminaci již k úplnému a rychlému oddělení vrstev při 60°C. Ani po 24 a 48 hodinách tento vzorek nevyhověl, jelikož došlo k oddělení vrstev již při 70°C. Až po 72 hodinách vzorek vydržel při 70°C a k jeho úplnému oddělení došlo mezi 75-80°C.

U vzorku 2 můžeme vidět, že 2 hodiny po laminaci má větší teplotní odolnost o 10°C než vzorek 1. K oddělování dochází při 70°C, a tudíž ani tento vzorek by nemohl být poslán po 2 ani po 24 hodinách. K výraznému rozdílu dochází po 48 hodinách, kdy vzorek z klimatizované laboratoře odolá teplotě až 85°C. Z výsledků je tedy zřejmé, že vzorek 2 by mohl být poslán k zákazníkovi již po 48 hodinách oproti vzorku 1, kde bychom váhali i po 72 hodinách zda ho poslat.

Vzorek 3 vykazoval totožné výsledky se vzorkem 2 a po 48 hodinách by mohl být použit pro další zpracování, jelikož i hodnoty lpění byly po 48 hodinách nad 15N.

5.5.3 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ INFRAČERVENÉ SPEKTROSKOPIE

Z celkového grafu, kdy jsou seřazeny všechna měření do jednoho grafu je patrné, že dochází u všech vzorků ke snížení píků s nárůstem času.

Největší pík se objevuje u vzorku 1, kdy byl vzorek měřen ihned po laminaci a tento pík dosahuje Absorbance až 0,85. S rostoucím časem se píky snižují, ale i po 168 hodinách byla u tohoto vzorku naměřena skupina izokyanátu. Tímto jsme dokázali, že ani po 168 hodinách nebylo lepidlo ve vzorku 1 zcela zesítněno a dochází zde stále k reakcím.

Vzorek 2 a 3 se chovali velmi podobně a při 168 hodinách zde již nebyl žádný výrazný pík kolem 2270cm^{-1} , tudíž můžeme předpokládat, že lepidlo by mělo být zcela zesítněné. Přesto ale můžeme říci, že vzorek 3 se pohyboval v nižších absorbancích (měl nižší píky). Domnívám se, že toto může být způsobeno tím, že vzorek 3 byl uměle

zavlažován a tím docházelo k rychlejšímu zesítnění, jelikož vlhkost tomuto jevu napomáhá.

Stejně tak jako u lpění byly naměřené hodnoty proloženy logaritmickou regresí, kde je z křivky názorně vidět, že průběh není opět lineární a po celou dobu rozhodně není konstantní. Křivka s rostoucím časem klesá, tak jak se snižovali píky. Z grafu je také vidět, že u vzorku 2 a 3 proložená křivka již začínala dostávat lineární průběh po 48 hodinách, kdy je takřka rovnoběžná s vodorovnou osou doby vytvrzení.

6 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovit vliv PU lepidel na kvalitu autotextilií. Hotmelt laminace je složitý proces, při kterém se prostřednictvím lepidel spojují materiály stejného nebo různého složení. Správné spojení materiálů závisí na adhezi k povrchům lepených materiálů a na kohezi samotného lepidla. Pevnost samotného spojení materiálů tedy závisí na dvou faktorech a to na době vytvrzení a na úpravě lepených ploch.

Předložená práce se v teoretické části zabývá samotnou laminací, možnostmi využití lepidel a rozбором PU tavných lepidel. Dále jsou zde rozebrány vlivy lepidla, materiálu a technologie působící na parametr lpění.

Součástí práce je i její praktická část, kde byly vyrobeny vzorky a na nich bylo provedeno testování na určení doby vytvrzování PU tavných lepidel využívaných v automobilovém průmyslu.

Cílem provedených zkoušek bylo zjistit závislost lpění na době vytvrzování lepidla a také určit ideální podmínky pro použití tohoto lepidla pro sériovou výrobu.

Z testovaných vzorků lze konstatovat, že vzorek 3 se speciálním zavlažovacím zařízením, který byl vyroben, aby simuloval podmínky klimatizované laboratoře byl hodnocen velice pozitivně. Při aplikaci tohoto zařízení do sériové výroby je možné po větším ověření pustit výrobek do dalšího procesu již po 48hodinách relaxační doby, aniž by později došlo k odlepení vrstev u zpracovatele. Jak testování lpění, bodotávkem i infračervenou spektroskopií tuto domněnku potvrdily. Zavedením tohoto zařízení dojde k efektivnějšímu hospodaření vzhledem ke snížení časové doby o 24 hodin, což je v automobilovém průmyslu jeden z nejdůležitějších faktorů.

Zůstává však stále otevřená otázka, zda by nebyl ještě další způsob jak zlepšit podmínky na dílně tak, aby lepidlo zreagovalo ještě rychleji a tím došlo ještě k efektivnějšímu procesu. Na příklad použitím automaticky uzavíratelných dveří, klimatizovanou halou a dalšími možnými způsoby. Toto je ale již finančně více náročná

záležitost a je potřeba provést ještě mnoho zkoušek a prokázat, zda by to opravdu byl přínosný bod či ne.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. 3. vyd. Praha1: SNTL, 1986.
- [2] POKORNÝ, Jiří. *Lepení a tmelení v dílně i domácnosti*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-857-1
- [3] Infračervená mikroskopie. [online]. 2011 [cit. 2012-08-20]. Dostupné z: <http://www.ellbogen.cz/analyticka-laborator/infracervena-mikroskopie>
- [4] KOLEKTIV AUTORŮ. *Loctite, Worldwide Design Handbook*. 2. vyd. Mainz: Erasmusdruck GmbH, 1998. ISBN 0-9645590-0-5
- [5] NOVOTNÁ, Miroslava a Vladimír MACHOVIČ. *Identifikace materiálů*. *Identifikace materiálů* [online]. 2009 [cit. 2012-09-25].]. Dostupné z: <http://www.technologiaartis.org/4iden-moz.html>
- [6] Infračervená mikroskopie. In: [online]. Praha: Vysoká škola chemicko technologická, 2008 [cit. 2012-09-20]. Dostupné z: http://eso.vscht.cz/cache_data/1293/www.vscht.cz/anl/pan2/i/Synopse08_2009
- [7] Infračervená mikroskopie. In: [online]. Praha: Vysoká škola chemicko technologická, 2008 [cit. 2012-12-28]. Dostupné z: <http://lms.vscht.cz/Zverze/IR/Icmikroskopie.html>
- [8] LANGMAIER, Ferdinand. *Adhese a adhesiva*. 1. vyd. Zlín : FT VUT, 1999.
- [9] MEYER. Lamination machine for technical textiles [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-08-25]. Dostupné z: <http://www.meyer-machines.com/de/Produkte/Kaschieren/KFK-EL/kfk-el.html>
- [10] LACOM. Laminating coating system [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-08-20]. Dostupné z: <http://www.lacom-online.com/www.lacom-online.com/programm/multi.html>
- [11] FEZKO THIERRY A.S. Prezentace. Strakonice, 2010.
- [12] Textile World. MANSFIELD, Richard G. BILLIAN PUBLISHING INC. Technical Editor: Flame lamination [online]. 2012. vyd. [cit. 2012-09-15]. Dostupné z: http://www.textileworld.com/Articles/2003/January/Nonwovens_Technical/Combining_Nonwovens_By_Lamination_And_Other_Methods.html
- [13] Měření bodu tání. [online]. 2009 [cit. 2012-09-15]. Dostupné z: <http://www.google.cz/#hl=cs&sclient=psyab&q=bodot%C3%A1vek&oq=bodot%C3%A1vek>

- [14] Bod tuhnutí. [online]. 2011 [cit. 2012-09-16]. Dostupné z:
http://www.lfhk.cuni.cz/soucek/fyzika/fyzika09/02_04_02_Teplota%20t%C3%A1n%C3%AD%20a%20tuhnut%C3%AD.pdf
- [15] JOWAT KLEBSTOFFE. *Textil Manual Ausgabe*. Deutschland, 12/2007.
- [16] PETRIE, Edward M. *Handbook of adhesive and sealants*. [online]. 2012
[cit. 2012-09-20]. Dostupné z: <http://www.adhesives.org/docs/default-document-library/onusseit-henkel-hotmelts-graphicsarts-wp.pdf?sfvrsn=0>
- [17] Komfi spol s.r.o. *Caste dotazy* [online]. 2012 [cit. 2012-08-28]. Dostupné z:
<http://www.komfi.cz/faq>
- [18] SIKA. SIKAMELT *Reaktivní hotmelt s vysokou počáteční pevností: 9630*
Bezpečnostní list. 05/2004.
- [19] HENKEL: Excellent is our passion. *PURMELT* [online]. 2012 [cit. 2012-09-15].
Dostupné z: www.henkel.com
- [20] ABC LEPIDLA. *Lepení podle druhu lepidla* [online]. 2006 [cit. 2012-09-15].
Dostupné z: www.abclepidla.cz
- [21] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery : Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 1.
vyd. ,Praha : VŠCHT, 1995. 354 s. ISBN 80-7080-241-3.
- [22] GOERGES, N. Altounian. Research Associate Hercules Incorporated:
STRUCTURAL POLYURETHANE REACTIVE HOT MELT ADHESIVES AND TESTING METHODS. 2011.